

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки - 15.04.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) - Материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование композиционных порошковых материалов на основе $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$, полученных в результате реакций СВС и алюмотермии.

УДК 621.762.8:669.719

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM81	Талгат Максат Талгатулы		16.12.19

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коростелева Е.Н.	к.т.н.		16.12.19

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.т.н.		16.12.19

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	д.т.н		16.12.19

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01	Коростелева Е.Н.	к.т.н., доцент		

15.04.01 Машиностроение

Технологии наукоемких производств в машиностроении

Планируемые результаты обучения ОПП 15.04.01

Код	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие</i> знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания <i>новых</i> материалов в <i>сложных</i> и <i>неопределенных</i> условиях
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций,

	демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать</i> корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать <i>глубокие</i> знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого</i> развития.
P11	<i>Самостоятельно</i> учиться и непрерывно <i>повышать</i> квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки - 15.04.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) - Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Коростелева Е.Н.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4AM81	Талгат Максат Талгатулы

Тема работы:

Исследование композиционных порошковых материалов на основе Fe_2O_3+Al и $Fe_2O_3+Al+Ti$, полученных в результате реакций СВС и алюмотермии.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10.06.2020, №59-68/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования являются композиционные порошковые материалы на основе Fe_2O_3+Al и $Fe_2O_3+Al+Ti$, полученные в результате реакций СВС и алюмотермии.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Изучение литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки в области получения и применения композиционных порошков; актуальность работы и постановка задачи; методы получения и исследования объекта исследования; анализ результатов выполненной работы; заключение.
Перечень графического материала	Презентация в Microsoft Power Point

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Разделы, выполненные на иностранном языке	Ажель Ю.П.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Основная часть, Литературный обзор, Материалы и методы, Результаты исследования, Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, Социальная ответственность – русский язык.

На иностранном языке выполнены следующие разделы диссертации:

Литературный обзор

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коростелева Е.Н.	к.т.н., доцент		16.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ81	Талгат Максат Талгатулы		16.12.2019

Реферат

Магистерская диссертация содержит 113 с., 20 рисунок, 28 таблиц, 32 источника, 1 прил.

Ключевые слова: композиционный порошок, оксид железа, титан, алюминий, алюмотермия, порошковая наплавка, спекание, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС).

Объектом исследования являлись композиционные порошки системы « $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$ » методом СВС и алюмотермии.

Целью настоящего научно-исследовательской работы является: изучить возможности и особенности синтеза композиционных порошковых материалов на основе оксида железа, алюминия и титана в зависимости от соотношения компонентов и условий реакции; исследовать формируемую структуру получаемых композитов, их основные характеристики; провести оценку реакционной способности исследуемых составов.

В результате исследований описаны структурные особенности и некоторые физико-механические свойства композиционных порошков « $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$ » а также наплавов на их основе.

Степень внедрения: внедрение в производство не осуществлено.

Область применения: порошковая металлургия.

Экономическая эффективность/значимость работы – проект обладает высокой ресурсоэффективностью и является ресурсосберегающим.

Оглавление

Введение.....	9
1. Литературный обзор	11
1.1. Основы порошковой металлургии	11
1.2. Технологические процессы получения порошковых материалов	12
1.2.1. Алюмотермия	14
1.2.2. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез	15
1.4. Свойства порошков системы « $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$ » и их применение	19
2. Материалы и методы	23
2.1. Материалы и постановка задач.....	23
2.2. Механоактивация реакционных порошков $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$	24
2.3. Методика исследования композиционных порошков и оборудования	25
3. Результаты исследования композиционных порошков	32
3.1. Описание выбранных составов, содержащих добавки оксидов, для получения композитов в режиме горения и теплового взрыва.....	32
3.2. СВС в реакционных смесях $\text{Ti}+\text{Al}+\text{C}+\text{Fe}_2\text{O}_3$	33
3.3. Результаты теплового взрыва в реакционных смесях $\text{Ti}+\text{Al}+\text{C}+\text{Fe}_2\text{O}_3$	37
3.4. СВС в трехкомпонентной термитной смеси $\text{Ti}+\text{Al}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ и термитных смесях с оксидом титана	41
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	51
4.1. Введение.....	51
4.2. Потенциальные потребители результатов исследования	51
4.3. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
4.4. SWOT-анализ.....	54
4.5. Организация и планирование работ	58
4.5.1. Продолжительность этапов работ	59
4.6. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	64
4.6.1. Расчет затрат на материалы	64
4.6.2. Расчет затрат на оборудование.....	66
4.6.3. Расчет амортизационных отчислений	67

4.6.4. Расчет заработной платы.....	68
4.6.5. Отчисления на социальные нужды	69
4.6.6. Накладные расходы	70
4.6.7. Расчет общей себестоимости затрат разработки	70
4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	71
4.7.1 Оценка абсолютной эффективности исследования	71
4.7.2 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	76
4.8. Заключение по разделу.....	78
5.1. Введение.....	82
5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
5.2.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	82
5.2.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	83
5.3 Производственная безопасность	84
5.3.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	85
5.3.1.1. Анализ показателей микроклимата.....	85
5.3.1.2 Анализ показателей шума.....	88
5.3.1.3. Анализ освещенности рабочей зоны	89
5.3.1.4. Анализ электробезопасности.....	90
5.4. Экологическая безопасность.....	91
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
5.6. Заключение по разделу.....	94
Заключение	96
Список используемой литературы	97
Приложение А	101

ВВЕДЕНИЕ

Промышленность все больше нуждается в улучшенных свойствах композиционных материалов, например, в повышении твердости, чистоты и химической стабильности, а также в более экономичной обработке.

При применении новых исходных компонентов, высокопроизводительных технологических оборудований, а также совершенствовав технологические процессы производства изделий из композиционных материалов можно разрешать такие задачи. Комплексная автоматизация производства на базе современных средств вычислительной техники, позволяющая осуществлять оптимальное управление технологическими процессами производства изделий из композиционных материалов и улучшать его технико-экономические показатели имеет очень важное [1].

Важнейшими вопросами, необходимыми решать производителям продукции с целью обеспечения технологической безопасности и «выхода» на мировую арену рынка, является внедрение энергосберегающих и наукоемких технологий (в первую очередь – технологий порошковой металлургии), способных обеспечить коренное поднятия качества выпускаемой продукции. Применяя принципы порошковой металлургии для изготовлении композитных материалов, можно существенно уменьшить энергетические затраты и расход материалов. Кроме того, порошковая металлургия помогает снижению загрязнения окружающей среды вредными веществами и газами. То есть, обеспечивает большую экологическую чистоту. С применением технологий порошковой металлургии решается большой круг задач по созданию новых материалов, способных многократно повысить механические свойства(прочность, износостойкость), обеспечить условия устойчивой деятельности при повышенных температурах [2].

Благодаря сокращения отходов на механическую обработку (5...7%,) и снижения трудоёмкости производства(уменьшение операций с 30 – 40 до 4 – 6;), а также высвобождения значительного количества станков и увеличения 10

производительности труда в 2 – 2,5 раза достигается экономический эффект при внедрения технологий порошковой металлургии [3].

Целью настоящей работы было получить и изучить возможность и особенности синтеза композиционных порошковых материалов на основе оксида железа, алюминия в зависимости от соотношения компонентов и условий реакции. В работе были поставлены такие задачи как отработка технологии получения композиционных порошков $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$ методом порошковой металлургии, исследование характеристик порошков $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$ (морфология и микроструктура и фазовый состав, внутри частичная пористость и т.п.).

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Основы порошковой металлургии

Порошковая металлургия - это процесс смешивания мелких порошкообразных материалов, прессования их до желаемой формы или формы (прессование), а затем нагревание сжатого материала в контролируемой атмосфере для связывания материала (спекание).

Известно что порошковая металлургия занимается тем, что изготавливает металлические порошки, а также различные изделий из них. Особая отличительность порошкового металлургии как промышленного метода изготовления разнообразного рода материалов является использование первостепенного сырья виде порошков. В следующих этапах эти сырья прессуются в различные изделия заданных параметров и подвергаются термообработке (спеканию).

Порошковая технология является широкой областью получения дисперсных телудобрений, топлива, строительных материалов и др.

Отличительные элементами технологии порошковой металлургии приведены ниже:

- получение и подготовка порошков исходных материалов, которые могут представлятьсобой чистые металлы или сплавы, соединенияметаллов с неметаллами и различныедругиехимическисоединения;
- прессование из подготовленной шихты изделийнеобходимойформы в специальных пресс-формах ;
- термическая обработка или спеканиеспрессованныхизделий;

В производствах или исследовательских лабораториях нередко встречаются немного различные от этих типичных элементов технологии, это совместное применение операций прессования и спекания, пропиткапористого брикета расплавленнымиметаллами, дополнительнаямеханическая и другаяобработкаспекенных изделий и др. Несмотря на это основной принцип технологии - это использование исходной порошковой шихты и спекание их

ниже температуры плавления основного элемента, образующего спрессованное тело – остается неизменным.

Отличительные преимущества порошковой металлургии следующие:

- возможность изготовления материалов, содержащих наряду с металлическими составляющими и неметаллически.
- возможность получения пористых материалов с контролируемой пористостью, чего нельзя достигнуть плавлением и литьем.

1.2. Технологические процессы получения порошковых материалов

Первой из главных технологических операций, характерных для порошковой металлургии, является получение металлического порошка. От способа получения порошковых материалов, а также от природы соответствующего металла зависят состав, структура и другие свойства порошков.

Порошки в зависимости от требуемой дисперсности и объема получают различными способами:

1. Механическое измельчение;
2. Распыление расплавов сжатым воздухом;
3. Восстановление руды или окалины;
4. Электролитическое осаждение;
5. Взрыв проводника с током.

Если смотреть с экономической точки зрения, то эффективными методами считаются возобновление руды или окалины и диспергирование расплавов сжатым воздухом. Порошки из токопроводящих материалов получают взрывом проводников, но в немногих порошках при механическом измельчении нужно учитывать вероятность разделения порошков. Некоторые порошки в промышленности получают термической диссоциацией летучих соединений, науглероживанием, осаждением другими специальными методами.

Существуют альтернативные методы получения порошков. Например, с помощью СВЧ и алюмотермии можно получить порошковые материалы с нужными свойствами, которые нельзя или сложно достичь другими методами.

Технологический процесс получения изделия начинается с приготовления порошковой смеси, содержащей несколько различных порошковых компонентов. Порошки взвешивают и затем осуществляют перемешивание порошков во вращающихся барабанах, в мельницах различного типа, смесителях или иных механических устройствах. Результатом перемешивания является порошковая смесь с однородно распределёнными частицами разного сорта. Затем, полученную шихту формуют, в результате которой образуется порошковая формовка, т.е. тело с заданными формой, размерами и плотностью. Исходный объем сыпучего порошка уменьшается и происходит консолидация порошка. Уплотнение порошка обеспечивают прессованием в металлической пресс-форме под воздействием давления, и в результате получается твердая прессовка, которая по форме и размерам близка к готовому изделию. В связи со сложностью явлений, сопровождающих уплотнение порошка, предсказать или точно описать результат прессования 15 очень сложно, так как различные порошки прессуются по-разному и даже при незначительном изменении состава или замене торговой марки порошка результат прессования может измениться, поэтому нагрузку при прессовании необходимо подбирать индивидуально для каждой порошковой смеси. Некоторые порошковые смеси не прессуются даже при больших нагрузках и в результате получаемые после прессования изделия рассыпаются или растрескиваются. В основном применяют холодное прессование, но оно не обеспечивает желательной механической прочности заготовок и при небольших нагрузках заготовки полученные холодным прессованием могут разрушаться. Для предотвращения этого, заготовки, перед проведением процесса холодного прессования в порошковую смесь добавляют пластификаторы или иные добавки, улучшающие связь смежных частиц

порошка, но при этом занимающие малый объем и не влияющие на конечные свойства получаемых изделий.

После прессования порошковые заготовки спекают, для достижения требуемых механических свойств, а также с целью придания необходимых физико-химических характеристик. Спекание является одним из наиболее важных технологических процессов порошковой металлургии, в решающей степени определяет конечные свойства получаемых материалов и изделия. Оно представляет собой сложный комплекс большого количества физико-химических явлений, протекающих одновременно или последовательно при нагревании формовок или свободного насыпного порошка. Некоторые из этих явлений связаны с обычными эффектами влияния повышенных температур на любое поликристаллическое тело, другие же являются специфичными для пористых порошковых тел. Практической целью спекания является достижение определенного уровня требуемых свойств, формирующихся в процессе нагрева исходного порошкового тела.

В процессе нагрева до высоких температур возможны две основные разновидности процесса спекания: твердофазное, т.е. без образования жидкой фазы, и жидкофазное, при котором легкоплавкие компоненты порошковой смеси расплавляются [4].

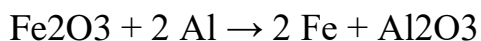
После проведения процесса спекания изделие подвергают дополнительной обработке (доводка, калибровка, термообработка).

1.2.1. Алюмотермия

Алюминотермия началась с экспериментов русского ученого Николая Бекетова в Харьковском университете в Украине, который доказал, что алюминий восстанавливает металлы из их оксидов при высоких температурах. Реакция впервые была использована для безуглеродного восстановления оксидов металлов. Реакция является сильно экзотермической, но имеет высокую энергию активации, так как сильные межатомные связи в твердом теле должны быть разорваны в первую очередь. Оксид нагревали с алюминием

в тигле в печи. Реакция побега позволила получить только небольшие количества материала. Ганс Гольдшмидт улучшил алюмотермический процесс между 1893 и 1898 годами, воспламеняя смесь мелкого оксида металла и алюминиевого порошка путем реакции стартера, не нагревая смесь снаружи. Процесс был запатентован в 1898 году и широко использовался в последующие годы для сварки рельсовых путей.

Алюминиотермические реакции представляют собой экзотермические химические реакции с использованием алюминия в качестве восстановителя при высокой температуре. Процесс промышленно полезен для производства сплавов железа [5]. Наиболее ярким примером является термитная реакция между оксидами железа и алюминием с образованием самого железа:



Эта конкретная реакция, однако, не имеет отношения к наиболее важному применению алюмотермических реакций, производства ферросплавов. Для производства железа вместо карботермической реакции используется более дешевый восстановитель, кокс.

1.2.2. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) - это метод получения неорганических и органических соединений путем экзотермических реакций горения в твердых телах различной природы [6]. Реакции могут происходить между твердым реагентом, связанным с газом, жидкостью или другим твердым веществом. Если реагенты, промежуточные продукты и продукты являются твердыми веществами, это называется твердым пламенем [7].

Если реакция происходит между твердым реагентом и газофазным реагентом, это называется инфильтрационным сжиганием. Поскольку процесс происходит при высоких температурах, этот метод идеально подходит для производства огнеупорных материалов, включая порошки, металлические сплавы или керамику.

Многолетние наработки в области развития методов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) разнообразных материалов [8] позволяют процессам СВС до сих пор оставаться конкурентоспособными среди многочисленных аналогов. Преимущества СВС заключаются в его основополагающих процессах, до определенной степени контролируемых химических реакциях, которые протекают внутри узкой высокотемпературной зоны, распространяющейся в выбранной исходной системе порошков.

Перспективным способом получения металло-керамических композитов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез - СВС [9].

СВС - процессы были созданы на основе научного открытия явления безгазового горения, сделанного в 1967 году [10]. Данный метод позволяет получать порошки тугоплавких соединений, создавать композиты из тугоплавких частиц в металлической матрице, а также получать готовый продукт из порошковых материалов. В процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза возможно участие химически активных при высоких температурах веществ в качестве реагентов, а также инертных веществ в качестве наполнителей или разбавителей. В процессе могут участвовать спрессованные (при помощи пресс-формы) частицы порошков, ультрадисперсные порошки насыпной плотности, системы порошок – газ, а также реагенты в виде тонких пленок, жидкостей. Помимо основных компонентов, возможно добавление инертных веществ с определенными целями, например для предотвращения теплового взрыва, или для улучшения свойств основного материала[11],[12]. Одним из основных требований к структуре исходной системы является обеспечение условий для эффективного взаимодействия реагентов. Исходя из данных требований, вытекает вывод о том, что для взаимодействия реагентов необходимо обеспечить большую площадь соприкосновения синтезируемых частиц[13].

Преимуществом данного процесса является простота его проведения, а высокие скорости протекания процесса позволяют экономить энергию и

материалы. СВ-синтез может проводиться в различных условиях: воздухе, вакууме, инертном или реагирующем газе. Варируя различными параметрами процесса, возможно получение материала, не уступающего или превосходящего по различным характеристикам материала, который был получен другими традиционными методами[14].

СВ-синтез представляет собой протекание сильной экзотермической реакции (реакции горения шихты), в котором тепловыделение локализовано в слое и передается от слоя к слою путем теплопередачи. СВ-синтез это процесс перемещения волны химической реакции по всему объему смеси реагентов, в ходе протекания которой образуются твердые конечные продукты. Существует некое множество активации реакции СВ-синтеза, основным из которых является локальное активирование реакции на поверхности системы, посредством подвода теплового импульса. В качестве теплового импульса могут выступать различные источники тепла, такие как: нагретая электрическая спираль, лазерный луч, луч плазмы, электроискровой разряд и т.п., которые формируют начальный фронт горения волны[15]. В случае СВ-синтеза для смесей с большим содержанием инертных веществ, или в случае слабо-экзотермической реакции возникает необходимость в предварительном подогреве шихты.

Проведение СВС-процесса возможно тремя способами: безгазовое горение, фильтрационное горение и гибридное горение. Безгазовое горение реализуется в системах «твердое – твердое», фильтрационное – в системах типа «металл – газ», гибридное совмещает предыдущие два механизма. При фильтрационном горении фильтрация разделяется по способу подачи газа на самопроизвольную и вынужденную, по направлению фронта горения относительно фильтрующего потока на попутную или встречную[16].

Несмотря на все преимущества метода СВ-синтеза возникают проблемы связанные с управлением процесса формирования структуры композита и свойств матрицы.

В СВ-синтезе, для управления фазовым составом и свойствами конечного продукта необходимо варьировать рядом параметров:

- Степень уплотнения продуктов горения – определяется дисперсностью, и давлением при прессовании, что влияет на площадь соприкосновения исходных продуктов;
- Начальная температура горения, при которой происходит инициация продуктов горения;
- Объем реакционной смеси;
- Используемый состав смеси;
- Среда протекания СВ – синтеза от которой напрямую зависит фазовый состав конечных продуктов. Например при инициации СВ – синтеза на воздухе наблюдается формирования оксидной фазы продукта.

Следовательно, при правильном подборе параметров СВ – синтеза возможно получение материала не уступающим по характеристикам или превосходящим материал, полученный традиционными методами [17].

В настоящее время методами СВС успешно синтезируются различные наноматериалы и порошки, содержащие наноразмерные кристаллиты, керамические и металлокерамические пеноматериалы, сверхтвердые материалы, создаются композиционные материалы типа полимер-керамика и др.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез является высокоэффективным с точки зрения энергопотребления и использует мало токсичных растворителей. Был проведен анализ окружающей среды, чтобы показать, что СВС оказывает меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные методы обработки в фазе раствора [4]. Этот метод использует меньше энергии для производства материалов, и экономия энергии возрастает с увеличением размеров партии синтеза.



Рисунок 1 – Схема СВС процесса

Целенаправленный поиск новых СВС-систем, изучение механизма и закономерностей их горения и условий синтеза углеродных и металлоуглеродных наноматериалов составляют перспективу развития метода СВС и разработки новых эффективных технологических процессов [18].

SHS не подходит для производства наночастиц. Как правило, высокотемпературный характер процесса приводит к спеканию частиц во время и после реакции. Высокие температуры, возникающие во время синтеза, также приводят к проблемам с рассеиванием энергии и подходящими реакционными сосудами, однако некоторые системы используют это избыточное тепло для управления другими процессами в установке.

Сочетание процесса СВС и высокотемпературного синтеза позволяет получать материалы и изделия на основе тугоплавких соединений.

Методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза получают различные гранулы композитов, а также различные гранулы композитов, обладающие магнитными свойствами.

1.4. Свойства порошков системы « $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$ » и их применение

Уже несколько десятилетий проблема обеспечения радиационно-стойких материалов является актуальной. Такие материалы особенно необходимы для обеспечения долговременной эксплуатации измерительных

устройств и конструкции. Аналог радиационно-стойкого материала можно получить с помощью порошковых материалов на основе $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$, полученных методом СВС-синтеза.

Также с помощью методом алюмотермии получают качественные продукты, и данный метод гораздо дешевле, по сравнению с их аналогами. Этими продуктами являются фильтры нейтрализаторы.

Интерметаллическое соединение $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$ является важным классом материалов благодаря сочетанию его высокой прочности на растяжение, низкой плотности, хорошей износостойкости, простоты изготовления и низкой стоимости. Он также имеет отличную стойкость к окислению, сульфидированию и коррозии при высокой температуре. Эти свойства привели к идентификации нескольких потенциальных применений, включая структурные применения и защитные покрытия[19].

Двумя основными проблемами, которые ограничивают применение $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$, являются низкая пластичность при низких температурах и недостаточная стойкость к ползучести при высоких температурах.

На сегодняшний день известно несколько способов получения $\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}$, $\text{TiC}-\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{TiB}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiC}+\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{B}_4\text{C}+\text{Al}_2\text{O}_3$ методом СВС.

Ряд проведённых исследований показал, что абразивная способность этих порошков выше, чем у порошка TiC .

Кроме того у этих порошковых материалов хорошие магнитные свойства. К примеру, в результате работ И.В Яценко и А.Р Самборук, методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза был получен композит $\text{TiC}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{AlFe}$, обладающий магнитными свойствами. Благодаря магнитных свойств, порошки на основе оксида железа представляют большой интерес для различных областей исследований, не только для фундаментального научного интереса, но и для биомедицинских применений.

На рисунке 2 приведена диаграмма состояния композитов $\text{Fe}+\text{Al}$

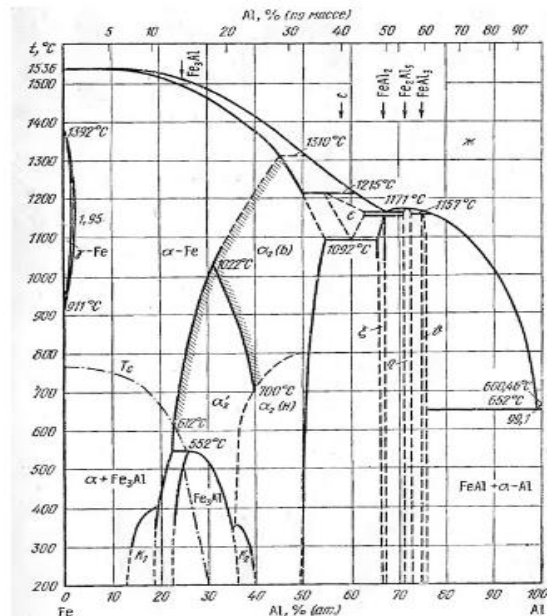


Рисунок 2 – Диаграмма состояния железо-алюминий (Fe-Al)

Материалы с добавлением титана обладают многими уникальными свойствами, которые позволяют использовать их в широком спектре применений в различных отраслях промышленности [20].

Соединение системы Fe-Ti образуется по перитектической реакции при 1317 °С. Примерно при 1500 °С соединение Fe-Ti конгруэнтно плавится. Диаграмма состояния системы Fe-Ti приведен на рисунке 3.

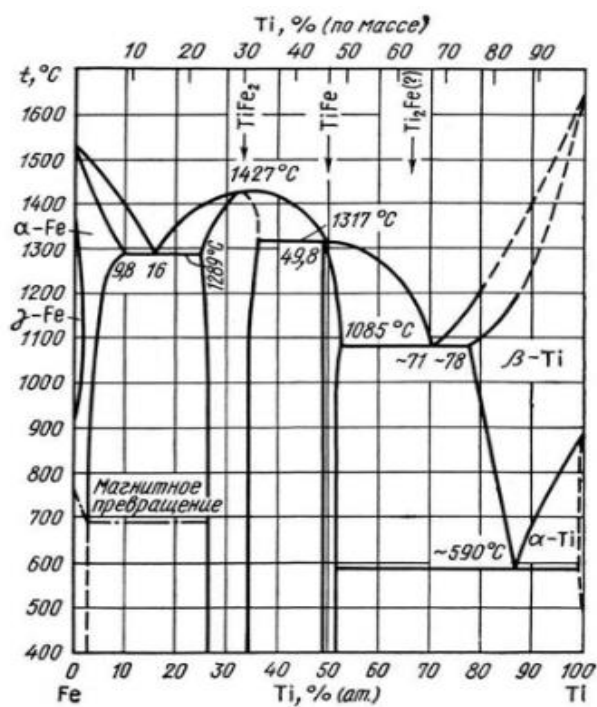


Рисунок 3 – Диаграмма состояния железо-титан (Fe-Ti)

В системе Ti-Al нас интересуют соединение Ti_3Al . Соединение Ti_3Al имеет температуру плавления, равную - $1118^{\circ}C$, диаграмма состояния приведена на рисунке 4[21].

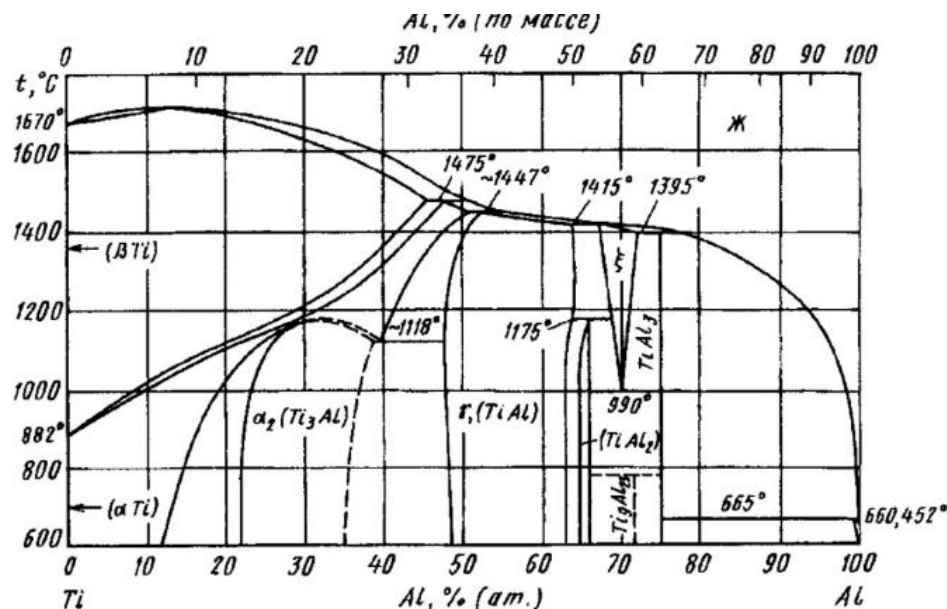


Рисунок 4 – Диаграмма состояния титан-алюминий Ti-Al)

Титан-алюминиевые композиты широко применяются при создании материалов с высокими прочностью, жаростойкостью и коррозионной стойкостями, температурой плавления и т.д.[22].

Алюмотермия полезна тем, что позволяет повысить качество производного порошка, улучшить защиту воздушной среды от загрязнения, обеспечить взрывобезопасность и повышение производительности технологического процесса.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Материалы и постановка задач

В этой части магистерской диссертации описаны применяемые материалы и постановка задач.

Для исследования были приготовлены смеси из порошков:

- Оксид железа ЧДА
- Порошок алюминия ПА-4, дисперсность 40-100 мкм.
- Порошок титана ТПП-8, дисперсность 60-120 мкм
- Оксид титана (Анатаз)

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Методом СВС синтезировать порошки.
2. Исследовать микроструктуру и фазовый состав СВС порошков.
3. Исследовать микроструктуру после алюмотермии
4. Исследование методами рентгеноструктурного анализа.



Рисунок 5 – Этапы задач

2.2. Механоактивация реакционных порошков $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$

Механоактивация реакционных порошковых смесей применялась в следующих целях:

Расширение концентрационных пределов горения для синтеза композитов с увеличенным содержанием инертной в тепловом отношении металлической связки;

Повышение дисперсности упрочняющей карбидной фазы за счет снижения температуры горения в реакционных смесях с большим содержанием инерта.

Инициирование синтеза в порошковых смесях, которые не горят без предварительной механоактивации.

На многокомпонентных порошковых смесях, содержащих оксиды алюминия и титана, механоактивация применялась для того, чтобы инициировать синтез в режиме СВС в тех смесях, которые не горят без предварительной механоактивации. Механоактивация потребовалась для трех смесей:

$\text{Ti}+\text{Al}+\text{C}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ (масс. %: 35,41 % $\text{Ti}+0,72\%$ $\text{C}+52,34\%$ $\text{Al}+11,52\%$

Fe_2O_3); $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{C}$ (масс. %: 62,5 % $\text{TiO}_2+28,1\%$ $\text{Al}+9,4\%$ C);

$\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{C}+\text{Ti}$ (масс. %: 50,0 % $\text{TiO}_2+22,5\%$ $\text{Al}+7,5\%$ $\text{C}+20\%$ Ti);

При таких составах реакционных смесей алюмотермической реакции восстановления железа и титана из оксидов оказалось недостаточно для поддержания самораспространяющейся реакции.

Интенсивность механоактивации (скорость вращения планетарного диска) и длительность процесса подбирали таким образом, чтобы избежать налипания нагретых металлических порошков реакционных смесей на шары и внутренние стенки барабанов. В процессе механоактивации смесей происходило внедрение твердых оксидных частиц в пластичные частицы титана и алюминия с увеличением удельной реакционной поверхности. Это создавало условия для распространения фронта реакции.

Для получения гранул квазисферической формы, пригодных для использования в аддитивных технологиях лазерного (SLM) и электронно-лучевого (EBM) сплавления, применили двухстадийную обработку порошков в планетарной мельнице. На первой стадии обрабатывали СВС композиционный порошок с малым содержанием титановой связки, который измельчался до субмикронного размера карбидных включений. На второй стадии обрабатывали смесь измельченного порошка с порошком титана. В результате получены равноосные гранулы, которые далее были использованы для печати объемных образцов SLM и EBM методами. Гранулы имели композиционную структуру из субмикронных карбидов, равномерно распределенных в объеме титановой матрицы.

2.3 Методика исследования композиционных порошков и оборудования



Рисунок 6 – Задачи при исследовании композиционных порошков

Приготовление шихты. Процентное весовое содержание одного из компонентов смеси определялось по формуле 1:

$$C_a = \frac{A_a a}{A_a a + B_b b + \dots} * 100\% \quad (1)$$

где A_a , B_b - атомные массы компонентов А и В; a, b - атомные концентрации данных компонентов.

Теоретическая (компактная) плотность полученной смеси определяли по формуле 2:

$$\rho_{\text{теор}} = \frac{100}{\frac{c_a}{\rho_a} + \frac{c_b}{\rho_b}} \quad (2)$$

где ρ_a, ρ_b - плотности соответствующих компонентов, c_a и c_b - весовые проценты компонентов А и В.

Смешивание порошков: Очень важно следить за правильностью приготовления смеси, так как она напрямую влияет на свойства конечного изделия. Металлические порошки нужно смешивать в необходимых пропорциях. Пропорции порошков определяются экспериментальными методами. Кроме того, необходимо получить однородную механическую смесь – равномерно распределив по объему металлические порошки разного химического и гранулометрического состава, или более того – металлических порошков с неметаллическими.

Порошковые навески смешивали всухую в течение 4 часов. Полученные смеси засыпали в бумажные контейнеры в форме цилиндра и слегка уплотняли. Горение инициировалось поджигающей смесью из порошков титана и кремния, которая насыпалась сверху на смесь основного состава. Поджигающая смесь нагревалась молибденовой спиралью, через которую пропускали электрический ток. Температуру горения измеряли термопарой ВР5-ВР20, спай которой помещали в геометрический центр образца через отверстие, проколотое с боковой поверхности контейнера. Продукты синтеза в виде пористых спеков

дробили и рассеивали на фракции. Полученный порошок исследовали методами рентгеноструктурного анализа, оптической и растровой электронной микроскопии.

Формование образцов: Далее образцы для спекания получают с помощью прессования. Для этого порошки засыпаются в матрицу, объёмная дозировка регулируется ходом нижнего пуансона. В работе применялся двустороннее прессование в цилиндрической пресс-форме на машине МС-500 показанный на рис.7.

Рабочая часть пресс машины состоит из верхнего пуансона, нижнего пуансона, полного цилиндра, опорного пятка и резины как показано на рис.2.1.

В результате прессования порошков, спрессованные образцы получили цилиндрическую форму с диаметром и высотой до 10мм.

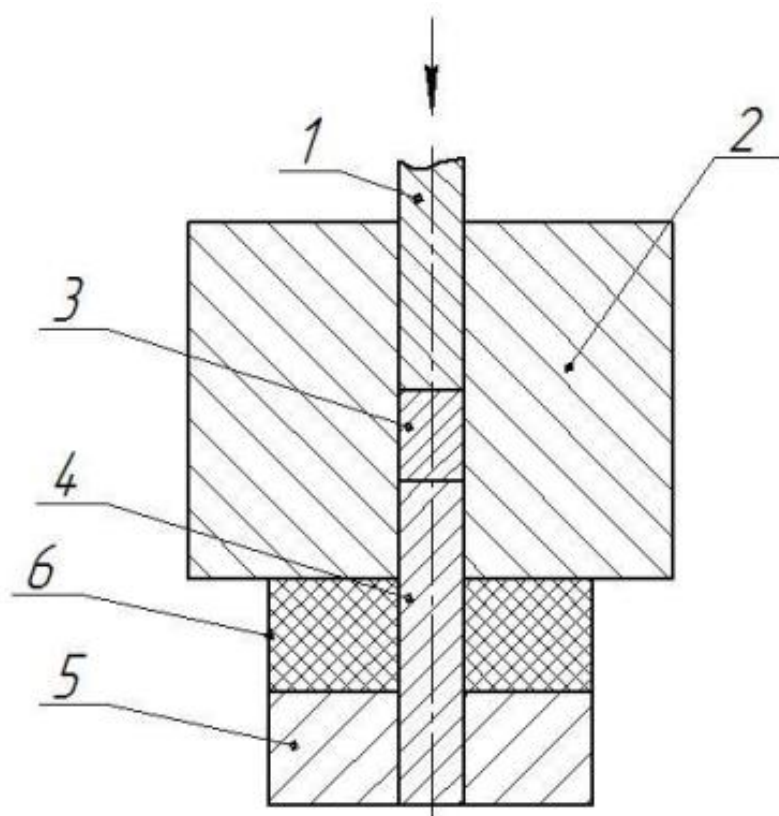


Рисунок 7– Прессование образцов где: 1-верхний пуансон; 4-нижний пуансон; 2- полный цилиндр; 5- опорный пятак; 3-образец; 6-резина

СВС-синтез: Поджог производился путем пропускания большого тока через молибденовую спираль в течении нескольких секунд. Температура

горения составляют 1500-4000°C в зависимости от системы, поэтому процесс синтеза сопровождался ярким свечением. При сгорании порошков чем больше инертной связки в порошке, тем медленнее распространялась волна горения. К объяснению этому служит содержание титана, который уменьшает количество областей протекания экзотермической реакции титана и алюминия, а это в свою очередь приводит к снижению максимальной температуры фронта горения, в результате чего снижается скорость сгорания. В случае необходимости реакционные смеси подвергали механоактивации в планетарной шаровой мельнице «Активатор-2S»

Спекание осуществляли в вакуумной печи марки СНВЭ-1.3.1/160 (рис.8,б), при остаточном давлении газов атмосферы не выше 10-2 Па. Спекание проходило в два этапа: 1) медленная отгонка пластификатора при нагреве до 500 °C; 2) последующий нагрев до температуры спекания со средней скоростью 5-7 °C/мин.



Рисунок 8 – Применяемые оборудования а – пресс машина марки МС-500; б - электропечи СНВЭ-1.3.1/16

Шлифование: Из порошков и покрытий были приготовлены шлифы для металлографических исследований. Шлифы готовили путем механического шлифования на шлифовально-полировальном станке ATM Saphir 520 (рис.9), полировки образцов на алмазных пастах и суспензии. Шлифовка

металлографических образцов необходима для дальнейшего проведения оптических снимков. Перед шлифовальной работой образцы заливаются эпоксидной смолой. Процесс шлифовки состоит из нескольких этапов, в каждом этапе используются соответствующие абразивы. Цель данного процесса состоит в том, чтобы получить поверхности образцов без деформации и царапин, с высокой отражательной способностью.



Рисунок 9 – Шлифовально-полировальный станок АТМ Saphir 520(Германия)

Шлифовка и полировка состояла из следующих последовательных действий:

- Шлифовка на шкурке - 25 минут, скорость вращения 350 об/мин, нагрузка 50Н.
- Сукно, алмазная паста фракцией 14-10 мкм - 15 минут, скорость вращения 400 об/мин, нагрузка 35Н.
- Сукно, алмазная паста фракцией 5-3 мкм - 15 минут, скорость вращения 350 об/мин, нагрузка 35Н.
- Сукно, суспензия - 10 минут, скорость вращения 200 об/мин, нагрузка 30Н.

Исследование: Композиционные порошки и наплавки были исследованы на оборудовании Центра коллективного пользования «Нанотех» ИФПМ СОРАН следующими способами:

- Рентгеноструктурный анализ СВС порошка $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$ проводили на оборудовании Центра коллективного пользования ИФПМ СО РАН (ДРОН-7). Идентификация фаз была проведена с использованием картотеки рентгеновских данных ASTM.

- Оптической металлографии на микроскопе AXIOVERT-200MAT (рис.10), принцип которого основан на бесконтактном методе измерений размера изображения контролируемого объекта;



Рисунок 10 – Микроскоп AXIOVERT-200MAT (Zeiss, Germany);

- растровой электронной микроскопии, с целью получения высококачественного изображения непроводящих и влажных образцов на оборудовании EVO 50 (рис.11).



Рисунок 11 – Растровый электронный микроскоп EVO 50(Zeiss, Germany)

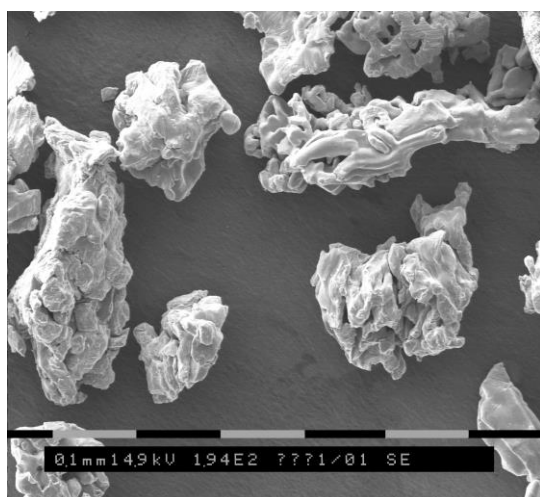
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ

3.1. Описание выбранных составов, содержащих добавки оксидов, для получения композитов в режиме горения и теплового взрыва.

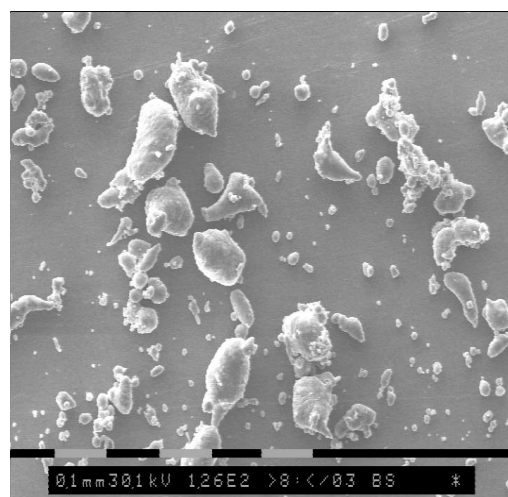
Объектами исследования были продукты синтеза в волновом режиме горения и теплового взрыва в трех и четырехкомпонентных реакционных смесях: $\text{Ti}+\text{Al}+\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{Ti}+\text{Al}+\text{C}+\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{C}$; $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{Ti}+\text{C}$.

В первом приближении (на основе проведенных исследований и литературных данных), интерес представляют составы вида $\text{Ti}-\text{Al}+\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{Ti}-\text{Al}+\text{C}+\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{C}$; $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{Ti}+\text{C}$. В первых двух случаях малые добавки оксидов играют двоякую роль – расширяют диапазон существования режимов горения и приводят к образованию Al_2O_3 , играющих роль упрочняющей добавки.

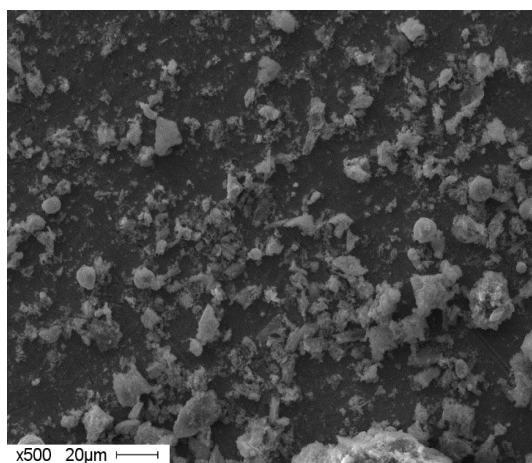
Морфология частиц порошковых компонентов, использованных в работе, приведена на рис. 12.



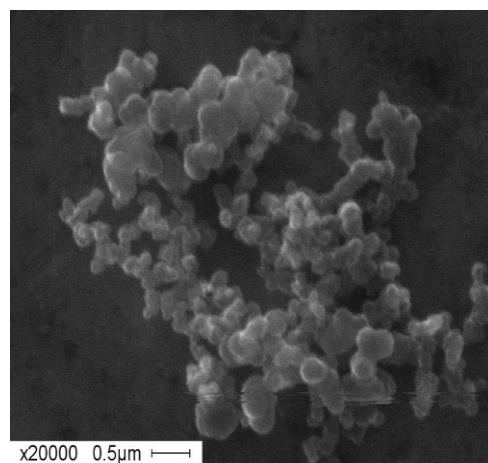
Ti (ТПП-8)



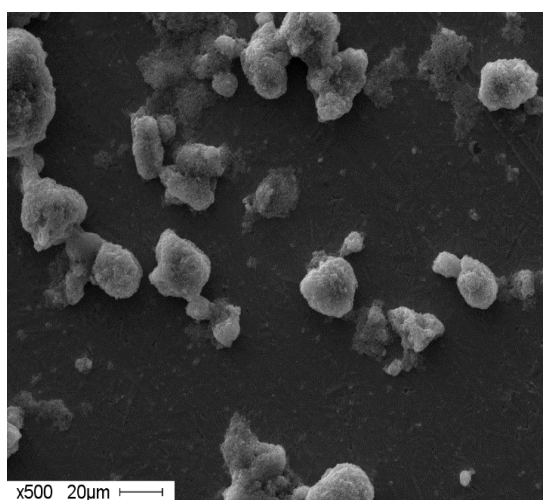
Al (ПА-4)



Fe_2O_3 (ЧДА)



С (сажа П-803)



TiO_2 (Анатаз)

Рисунок 12 – Морфология частиц порошковых компонентов.

3.2. СВС в реакционных смесях $\text{Ti}+\text{Al}+\text{C}+\text{Fe}_2\text{O}_3$

На этой четырехкомпонентной системе были проведены наиболее подробные исследования с вариацией содержания компонентов в смесях. Были исследованы продукты синтеза в четырехкомпонентных реакционных смесях трех составов и при двух режимах безгазового горения: в волновом (СВС) и в режиме теплового взрыва.

Ниже представлены измеренные температуры горения и фазовый состав продуктов горения в режиме СВС. Следует обратить внимание, что из-за сложного фазового состава продуктов синтеза в четырехкомпонентных смесях его надежное определение методом рентгеноструктурного анализа невозможно даже с применением современных автоматизированных методик обработки

первичных дифракционных данных. Ниже в таблицах 1-5 даны два числа рассчитанного содержания каждой из фаз. Первое число – минимальное содержание и второе (в скобках) – максимальное.

Состав №1

Целевой состав продуктов синтеза предполагал следующее соотношение компонентов (в мольных долях): $0,1 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,1 \text{ Fe}_2\text{Ti} + 0,2 \text{ TiC} + 1,0 \text{ TiAl}$. Для достижения данной композиции после синтеза был рассчитан состав порошковой шихты реакционной смеси, который соответствовал соотношению используемых порошков(моли): $1,3 \text{ Ti} + 0,2 \text{ C} + 1,2 \text{ Al} + 0,12 \text{ Fe}_2\text{O}_3$. Заданный в молях шихтовый состав был пересчитан в весовые концентрации компонентов. В результате получено (масс. %): 55,2% Ti+2,1% C+28,6% Al+14,1% Fe_2O_3 . Порошки в вышеуказанном весовом соотношении были смешаны всухую, а полученная смесь в свободной засыпке сгорела в волновом режиме без предварительной механоактивации. Максимальная температура горения оказалась равной $1488 \pm 39^\circ\text{C}$.

Таблица 1 – Фактический и целевой фазовый состав продуктов синтеза состава №1

Содержание фаз в продуктах синтеза	Al_2O_3	Fe_2Ti i	TiC	TiAl l	FeAl	Ti_2Al C	$\text{TiFe}_{0,5}\text{Al}_{1,5}$
Целевое, моли	0,1	0,1	0,2	1,0	-	-	-
Целевое, масс %	9,0	14,1	10,7	66,2	-	-	-
Фактическое (РФА), масс%	7(25)	-	4(14)	-	10(14)	29(40)	29(37)

Состав №2

Целевой состав продуктов синтеза (в молях) предположительно должен был содержать $0,1 \text{ TiC} + 0,1 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,03 \text{ TiO}_2$ в присутствии набора сложных интерметаллидов ($\text{Fe}_x\text{Al}_y\text{Ti}_z$). В этом случае состав реакционной смеси имел соотношение компонентов (моли): $1,23 \text{ Ti} + 0,1 \text{ C} + 1,2 \text{ Al} + 0,12 \text{ Fe}_2\text{O}_3$. Рассчитанный в молях состав был пересчитан в весовые концентрации компонентов. В результате получено (масс. %): 52,77% Ti+1,07% C+28,98% Al+17,17% Fe_2O_3 .

Порошки в вышеуказанном весовом соотношении были смешаны всухую, а полученная смесь в свободной засыпке сгорела в волновом режиме без предварительной механоактивации (также, как и смесь №1). Максимальная температура горения оказалась равной 1405 ± 28 °С.

Таблица 2 – Фактический и целевой фазовый состав продуктов синтеза состава №2

Содержание фаз в продуктах синтеза	Al ₂ O ₃	TiC	TiO ₂	Ti ₃ Al (TiAl)	FeAl	Ti ₂ AlC
Целевое, моли	0,1	0,1	0,03	-	-	-
Целевое, масс %	42,1	24,8	33,1	-	-	-
Фактическое (РФА), масс%	11(29)	7 (20)	-	13	19 (35)	20(23)

Состав №3

Целевой состав продуктов синтеза (в молях) полностью совпадал с предыдущим ($0,1\text{TiC} + 0,1\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,03\text{TiO}_2 + (\text{Fe}_x\text{Al}_y\text{Ti}_z)$). Но была задана другая комбинация возможных реакций, для которой был рассчитан соответствующий этим реакциям состав реакционной смеси, который оказался (моли): $1,23\text{Ti} + 0,1\text{C} + 3,23\text{Al} + 0,12\text{Fe}_2\text{O}_3$. То есть в этом составе почти втрое было увеличено содержание алюминия. В результате пересчета мольного состава в весовой получен следующий состав реакционной смеси (масс. %): 35,41% Ti + 0,72% C + 52,34 % Al + 11,52 % Fe₂O₃.

Так как инициировать синтез в смеси такого состава не удалось, она была подвергнута механоактивации в планетарной мельнице. При этом из-за большого содержания алюминия и налипания на шары и стенки барабана пришлось уменьшить интенсивность МА, снизив скорость вращения с 720 до 480 об/мин. Температура горения смеси после механоактивации оказалась около 1200 °С.

Фазовый состав продуктов синтеза приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Фактический и целевой фазовый состав продуктов синтеза состава №3

Содержание фаз в продуктах синтеза	Al ₂ O ₃	TiC	TiO ₂	TiAl ₃	FeAl	Al
Целевое, моли	0,1	0,1	0,03			
Целевое, масс %	42,1	24,8	33,1			
Фактическое (РФА), масс%	21(26)	2(9)	-	16	19(45)	10(12)

Из таблиц 1-3 следует, что фактический фазовый состав продуктов синтеза значительно отличается от целевого. В таблице 4 приведен анализ зависимости фазового состава продуктов синтеза от шихтового состава реакционных смесей.

Таблица 4 - Корреляция между составом порошковых реакционных смесей и фазового состава продуктов синтеза в режиме волнового горения.

Ном ер смес и	Состав реакционной смеси, масс. %				Fe ₂ O ₃ /Al	Продукты синтеза (масс %)
	Ti	C	Al	Fe ₂ O ₃		
1	55,2	2,1	28,6	14,1	0,47	Ti ₂ AlC-29(40); TiFe _{0,5} Al _{1,5} -29(37); FeAl-10(14); Al ₂ O ₃ -7(25); TiC-4(14)
2	52,77	1,07	28,98	17,17	0,59	FeAl-9(35); Ti ₂ AlC-20(23); TiC-7(20); Ti ₃ Al-13; Al ₂ O ₃ -11(29);
3	35,41	0,72	52,34	11,52	0,22	FeAl-19(45); Al ₂ O ₃ -21(26); TiAl ₃ -16; Al-10(12); TiC-2(9).

Из анализа данных таблицы 4 следует, что алюмотермическая реакция восстановления железа из оксида железа алюминием ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$) является ведущей и проходит до конца, так как остатка оксида железа в продуктах синтеза не обнаружено. Это неудивительно, так как соотношение масс порошков Fe₂O₃/2Al в реакционных смесях (см. табл. 4) в 5 – 13 раз меньше, чем 2,96 – соотношения необходимого для полного израсходования обоих реагентов в вышеуказанной реакции. То есть все реакционные смеси содержат избыточный алюминий, основная часть которого не участвует в

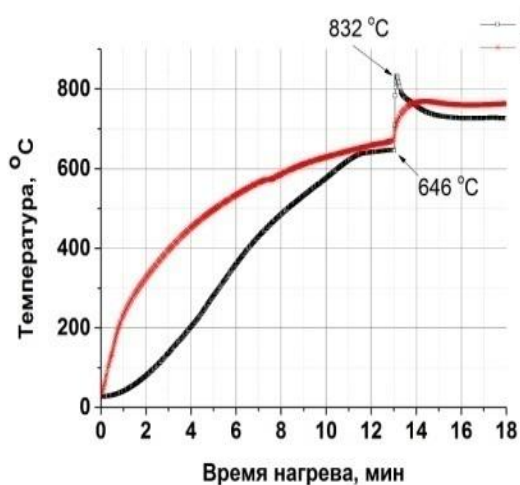
алюмотермической реакции. После завершения алюмотермической реакции образуется жидкий раствор содержащий титан, углерод, железо, оксид алюминия и не прореагировавший алюминий. Оксид алюминия, как продукт алюмотермической реакции, естественно, присутствует во всех продуктах синтеза. Однако его содержание почему-то непропорционально содержанию оксида железа в реакционных смесях, который является источником кислорода, необходимого для образования оксида алюминия. Остальные фазы (кроме Al_2O_3), присутствующие в продуктах синтеза, образуются в результате реакций между титаном, железом, алюминием и углеродом. Среди этих фаз кроме двойных интерметаллидов имеется также карбид титана и тройное соединение Ti_2AlC . Расчет качественного, а тем более количественного фазового состава продуктов синтеза при заданном шихтовом составе реакционной смеси является трудной задачей, однако, по нашему мнению, качественный состав продуктов синтеза с большой долей вероятности можно предсказать на основе оценок с привлечением термодинамических характеристик отдельных фаз.

3.3 Результаты теплового взрыва в реакционных смесях $\text{Ti}+\text{Al}+\text{C}+\text{Fe}_2\text{O}_3$

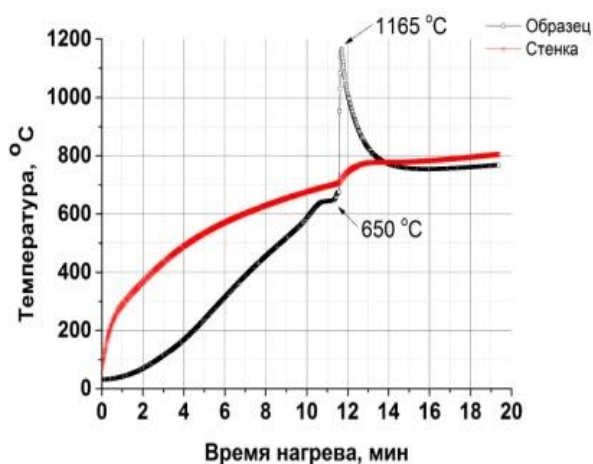
Для исследования закономерностей горения и продуктов синтеза в режиме теплового взрыва (ТВ) использовали четырехкомпонентные смеси тех же самых трех составов, которые были использованы в СВС. Установка и методика проведения теплового взрыва подробно описаны в другом файле. Смеси № 1 и 2 также как при проведении СВС не подвергались механоактивации, а смесь №3 обрабатывали в активаторе в течение 10 минут с интенсивностью 22g (480 об/мин.); ш/см =20.

Термограммы, записанные при нагреве образцов из реакционных смесей трех составов, приведены на рис. 13, а результаты обработки термограмм сведены в таблицу 5. В этой же таблицы указаны температуры горения смесей в режиме СВС. Видим, что пиковые температуры при тепловом взрыве на сотни градусов температур на фронте реакции при СВС. Такое различие можно

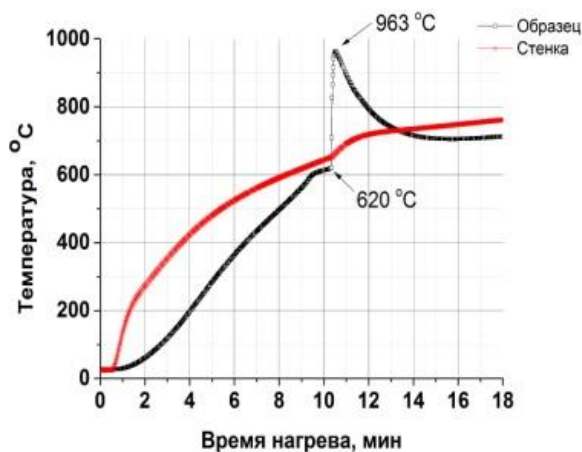
объяснить сильно различающимися скоростями нагрева реакционной зоны и различными условиями теплоотвода в этих двух процессах. Возможно, что при относительно медленном нагреве (50-54 град/мин) до температуры самовоспламенения, которое происходит при появлении жидкой фазы на основе алюминия, уже происходит взаимодействие компонентов в твердой фазе, которое повлияло на последующие реакции, вызывающие пиковое повышение температуры.



Состав 1



Состав 2



Состав 3

Рисунок 13 – Термограммы горения в режиме теплового взрыва

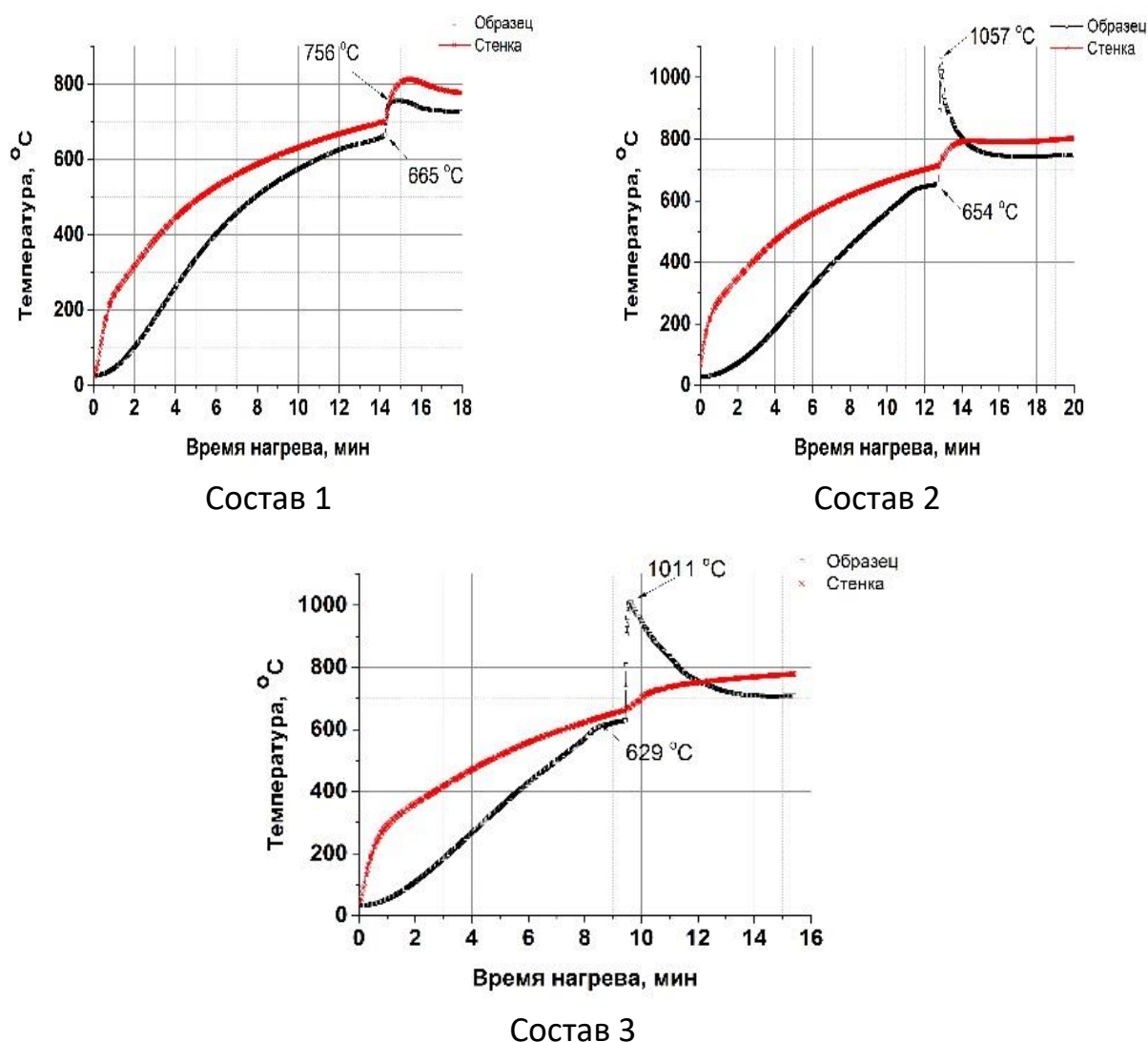


Рисунок 14 – Термограммы повторного горения в режиме теплового взрыва

Таблица 5 – Результаты обработки термограмм горения в режиме ТВ

	Номер состава		
	№1	№2	№3 МА480
$T_m, ^\circ\text{C}$	794 ± 54	1111 ± 76	987 ± 34
$T_{ign}, ^\circ\text{C}$	656 ± 13	652 ± 3	625 ± 6
$T_{max}, ^\circ\text{C (СВС)}$	1488 ± 39	1405 ± 28	1200

На рис. 13 приведен внешний вид образцов после горения в режиме ТВ. Видим, что после завершения реакции в смеси №1 произошло разделение продуктов синтеза. В нижней части образца образовался слиток из закристаллизовавшегося расплава, а в верхней части – «шапка» из пористого шлака. На образце из смеси №2 также видны признаки разделения продуктов

синтеза по высоте. Образец №3 имеет внешне однородный состав по высоте, то есть признаков разделения продуктов синтеза нет.



Рисунок 13- Внешний вид образцов после ТВ.

В связи с этим интересно сравнить фазовый состав продуктов горения в режиме СВС и в режиме теплового взрыва. Результаты такого сравнения приведены в таблице 6, которая является продолжением таблицы 4.

Таблица 6 – Корреляция между составом порошковых реакционных смесей и фазового состава продуктов синтеза в режиме теплового взрыва.

№ см.	Состав смеси, масс. %				Fe ₂ O ₃ / Al	Продукты синтеза (масс %)
	Ti	C	Al	Fe ₂ O ₃		
1	55,2	2,1	28,6	14,1	0,47	CBC: Ti ₂ AlC-29(40); TiFe _{0,5} Al _{1,5} -29(37); FeAl-10(14); Al ₂ O ₃ -7(25); TiC-4(14) ТВ(низ): Ti ₂ AlC-31(37); TiFe _{0,5} Al _{1,5} -35(56); Ti ₃ Al-22(26); TiC-10(16). Al ₂ O ₃ -3(24); ТВ(верх): Ti ₂ AlC-27(32); Al ₂ O ₃ -2(19); TiFe _{0,5} Al _{1,5} -43(63); Ti ₃ Al-12(19); TiC-3(14).
2	52,77	1,07	28,98	17,17	0,59	CBC: FeAl-9(35); Ti ₂ AlC-20(23); TiC-7(20); Ti ₃ Al-21(31); Al ₂ O ₃ -11(29);
						TB: FeAl-8; Ti ₂ AlC-19(28); TiC-14; Ti ₃ Al-13; Al ₂ O ₃ -14(22);
3	35,41	0,72	52,34	11,52	0,22	CBC: FeAl-19(45); Al ₂ O ₃ -21(26); TiAl ₃ -16; Al-10(12); TiC-2(9).
						TB: FeAl-8; Al ₂ O ₃ -4(19); TiAl ₃ -30(68); Al-3(31); TiC-2(19).

Для продуктов СВС и ТВ из смесей №2 и 3 качественного отличия в фазовом составе нет, новых фаз не обнаружено, но содержание каждой из 5 идентифицированных фаз все-таки зависит от способа синтеза. Однако более детальное количественное сравнение фазового состава продуктов СВС и ТВ невозможно по указанной выше причине – из-за сложного многофазного состава продуктов синтеза.

Для продуктов синтеза из смеси №1 такой сравнительный анализ фазового состава еще более осложняется фазоразделением продуктов синтеза в режиме теплового взрыва.

3.4 СВС в трехкомпонентной термитной смеси $Ti+Al+Fe_2O_3$ и термитных смесях с оксидом титана

Система $Ti+Al+Fe_2O_3$

Соотношение оксида железа и алюминия (Fe_2O_3/Al) в реакционных смесях, дополнительно содержащих титан, было задано равным 2,96. При таком соотношении оба компонента должны быть полностью израсходованы в алюмотермической реакции с образованием оксида алюминия и восстановленного железа, которое должно в дальнейшем вступить в реакцию с титаном. Добавку титана в смеси вводили в количестве 20, 40 и 60 масс % от суммарной массы смеси. Горение в смесях с 20 и 40 % титана проходило очень бурно. Образцы «взрывались» с разбрасыванием продуктов синтеза. Поэтому измерить температуры горения на этих смесях не удалось. Горение смеси с 60 % титана проходило более спокойно, и была зафиксирована температура на фронте реакции (1462 °C). Шихтовый состав этой реакционной смеси был: Fe_2O_3 - 29,9%; Al – 10,1%; Ti – 60%.

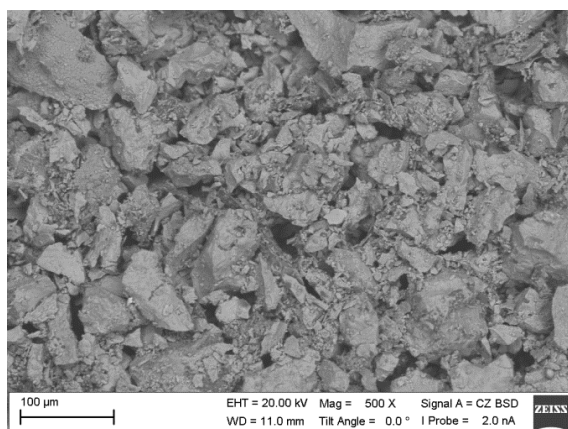
Продукты синтеза (при условии полного израсходования оксида железа и алюминия) должны содержать оксид алюминия и Fe-Alинтерметаллиды. Фактический фазовый состав продуктов синтеза приведен в таблице 7. Так же, как и выше, приведен концентрационный интервал содержания фаз из-за невозможности определить его более точно методом рентгеноструктурного анализа.

Таблица 7 – Фазовый состав продуктов синтеза

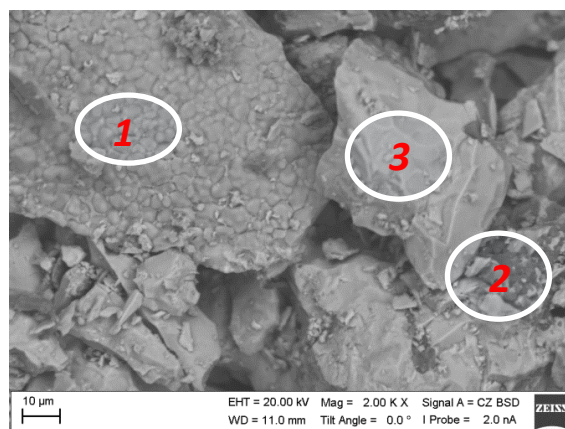
Состав реакционной смеси, масс. %			Фазовый состав продуктов синтеза	
			Предполагаемый	Фактический, масс. %
Ti	Al	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ +(Ti,Fe)	Al ₂ O ₃ -23; Ti ₃ Al-20/22; TiFe-
60	10,1	29,9	интерметаллиды	16/10; Ti ₃ FeO ₂ -39/34; ?– 0/13

Фактический фазовый состав продуктов реакции оказался более сложным, чем ожидаемый (оксид алюминия и Fe-Al интерметаллиды). Кроме нескольких не идентифицированных линий и линий Al₂O₃ остальные линии на рентгенограмме принадлежат соединениям, образовавшимся в результате реакций титана с железом, алюминием и кислородом (Ti₃Al, TiFe, Ti₃FeO₂). Из этого следует, что на восстановление железа из оксида алюминия ушла только часть алюминия, а неизрасходованные алюминий, оксид железа и находящийся в избытке титан вступили в реакции с образованием двойных интерметаллидов и сложного оксида.

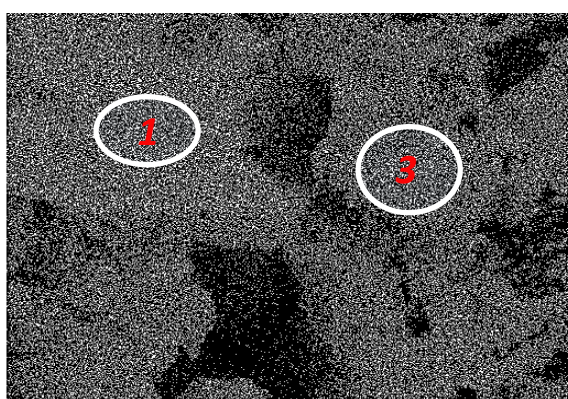
Некоторые из фаз, обнаруженных в продуктах синтеза рентгеноструктурным анализом, удалось идентифицировать методом картирования на изображениях, полученных с применением сканирующей электронной микроскопии (рис. 4). На рис. 4б красными цифрами обозначены отдельные структурные элементы. Судя по содержанию титана, железа, алюминия и кислорода частица 1 является сложным оксидом, частица 3- интерметаллидом FeTi, а скопление мелких осколков 2 принадлежит оксиду алюминия.



а

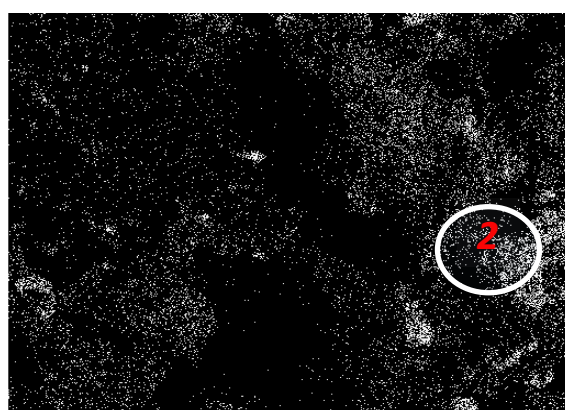


б



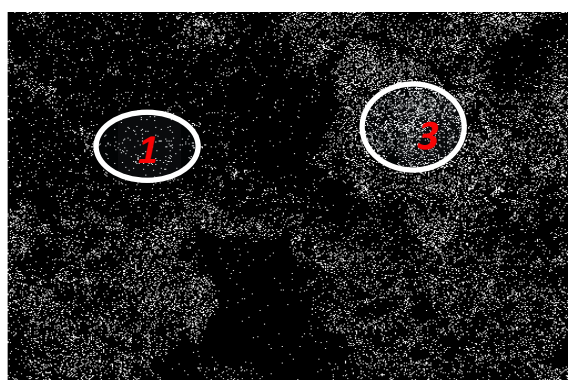
Ti Ka1

в



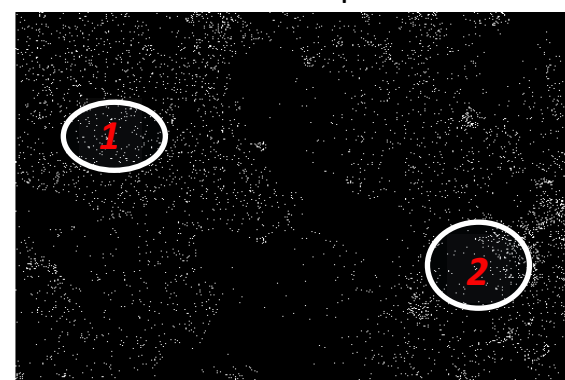
Al Ka1

г



Fe Ka1

д



O Ka1

е

Рисунок 16 – Морфология частиц порошка (а,б) и карты распределения элементов (в,г,д,е) в продуктах СВС в реакционной смеси $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$.

Система $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{C}$

Шихтовый состав этой смеси был рассчитан при двух предположениях:

1. Содержание оксида титана и алюминия должно быть таким, чтобы в алюмотермической реакции восстановления титана из оксида титана оба реагента израсходовались без остатка;

2. Содержание углерода в реакционной смеси должно быть достаточным для связывания восстановленного в алюмотермической реакции титана в карбид титана эквиатомного состава.

Расчет при этих предположениях дал следующий шихтовой состав реакционной смеси (см. таблицу ниже). Продукты синтеза в случае прохождения двух указанных реакций до конца должны содержать две фазы: оксид алюминия и карбид титана.

Порошки оксида титана, алюминия и углерода (сажи) в указанном в таблице 8 соотношении были смешаны всухую и подвергнуты механоактивации при режиме: 720 об/мин; ш/см =20; время обработки-5 минут. Температура горения смеси в свободной насыпке, измеренная по описанной выше методике, равна 1714 °С.

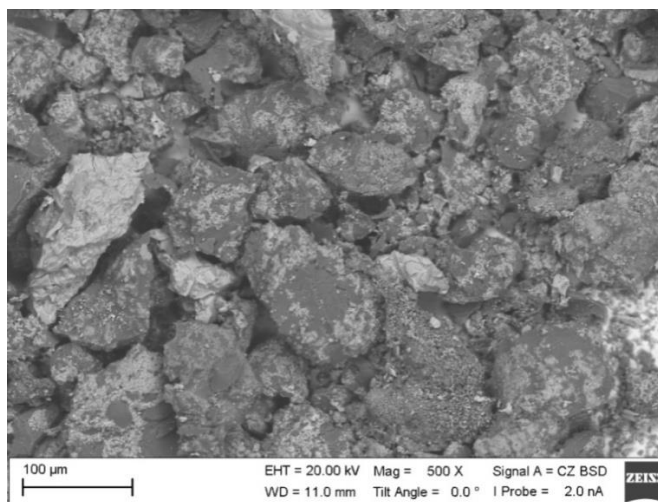
Обработка данных рентгеноструктурного анализа продуктов синтеза как обычно, осложнилась наложением линий и дала неоднозначный результат. В таблице 8 представлены два различных варианта фазового состава. По первому варианту оксид титана, представленный двумя модификациями, является основной фазой, а карбид титана – второй по содержанию фазой. Этот вариант фазового состава совпадает с ожидаемым. По второму варианту имеется дополнительная тройная фаза $Al_2Ti_5C_3$, содержание которой около 10%.

Таблица 8 – Фазовый состав продуктов синтеза порошковой смеси состава TiO_2+Al+C

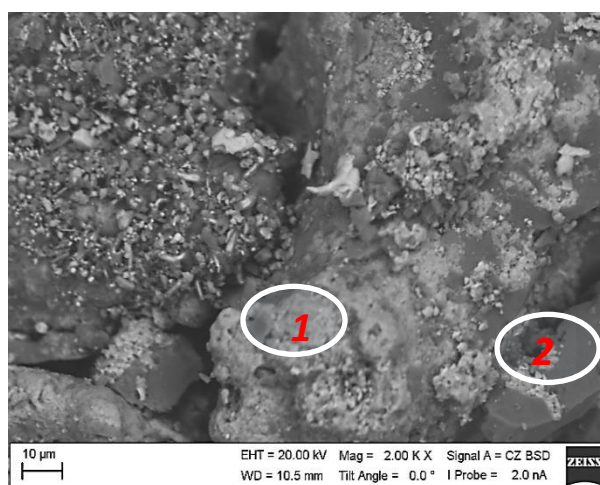
Состав реакционной смеси, масс. %			Фазовый состав продуктов синтеза	
			Предполагаемый	Фактический, масс. %
TiO_2	Al	C	Al_2O_3+TiC	1 вариант: Al_2O_3 -14+50*; TiC-36.
62,5	28,1	9,4		2 вариант: Al_2O_3 -22/38; TiC-67/44; $Al_2Ti_5C_3$ -11/10; ?-0/7.

* - с учетом двух модификаций Al_2O_3

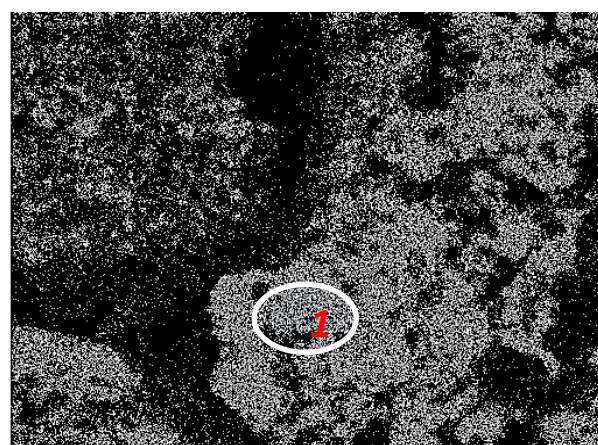
Морфология порошковых продуктов синтеза была исследована методом сканирующей электронной микроскопии (рис. 17 а,б) с картированием изображений в излучениях элементов (рис. 5 в,г,д). Попытка идентифицировать фазы методом картирования оказалась не вполне успешной из-за отсутствия карты с распределением углерода, однако некоторые суждения о природе отдельных структурных элементов можно вынести. Судя по большому содержанию титана и алюминия крупная частица в левом верхнем можно отнести к тройной фазе $Al_2Ti_5C_3$, а поверхность крупной частицы покрыта иглоподобными мелкими частицами оксида алюминия. Область 2, судя по содержанию алюминия и кислорода, относится к оксиду алюминия, а область 1, по-видимому, относится к карбиду титана.



а



б



Ti Ka1

в

Продолжение рисунка 17

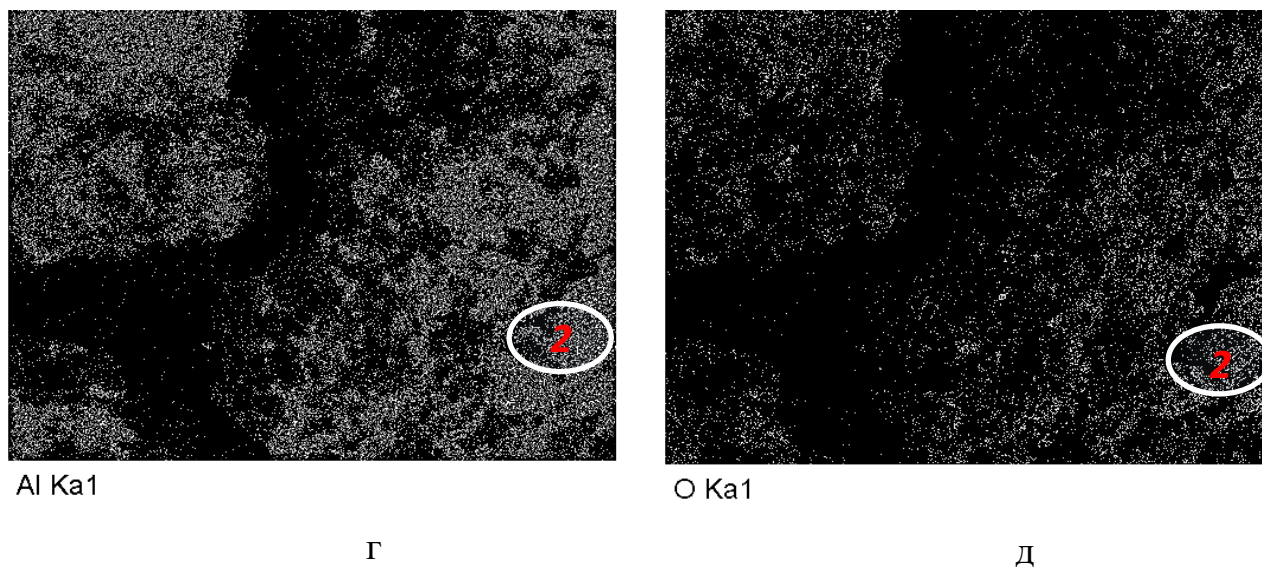


Рисунок 17 –Морфология частиц порошка (а,б) и карты распределения элементов (в,г,д) в продуктах СВС в реакционной смеси $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{C}$.

Система $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{C}+\text{Ti}$

При планировании шихтового состава для этой четырехкомпонентной системы учитывались следующие соображения:

Так как предполагаемые продукты синтеза в трехкомпонентной системе $\text{TiO}_2+\text{Al}+\text{C}$ содержат только тугоплавкие соединения (Al_2O_3 и TiC), то для получения металломатричного композита нужно в смесь добавить титан, который может образовать металлическую связку. Содержание титана в четырехкомпонентной смеси было принято 20 масс. %, а соотношение концентраций оксида титана, алюминия и углерода осталось таким же, как в трехкомпонентной смеси. Результат расчета шихтового состава четырехкомпонентной смеси приведен в таблице 7.

Смешивание порошков реакционной смеси и ее механоактивацию (720 об/мин; ш/см =16,7; время обработки-5 минут) проводили по описанным выше методикам. Максимальная температура горения механоактивированной смеси – 1688 °С.

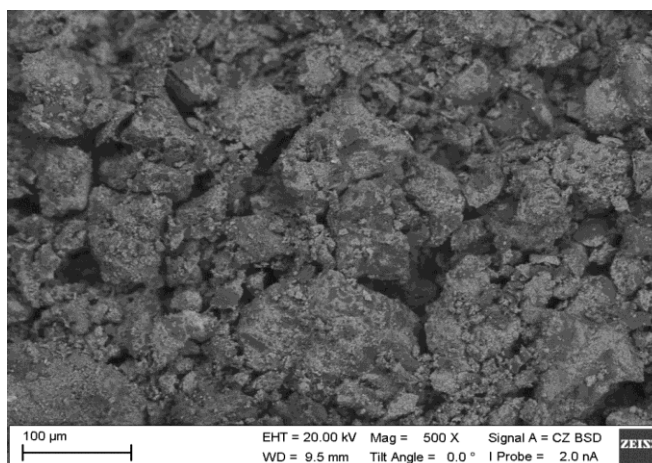
Результаты рентгеноструктурного анализа (таблица 9) показали, что наши ожидания не вполне оправдались: структурно свободный титан в

продуктах синтеза отсутствовал. Карбид титана является основной фазой (73%). Избыток титана (по сравнению с необходимым для образования карбида титана) ушел в тройную фазу Ti_2AlC . Возникновение этой тройной фазы, а точнее присутствие в ее составе алюминия и углерода позволяет сделать следующие два вывода: 1) часть алюминия не участвовала в алюмотермической реакции восстановления титана из оксида, а ушла в тройную фазу; 2) карбид титана имеет нестехиометрический, дефицитный по углероду состав, так как часть углерода также ушла в тройную фазу.

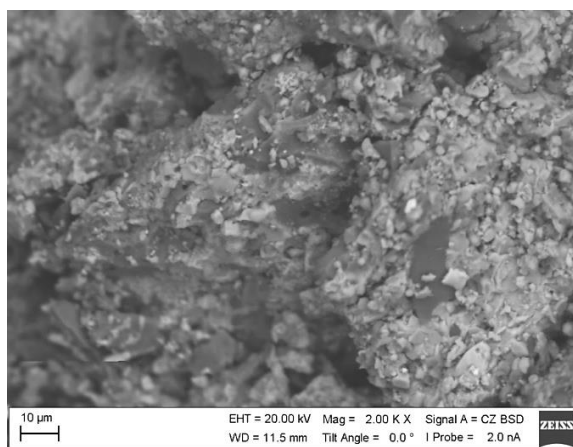
Таблица 9 – Фазовый состав продуктов синтеза порошковой смеси состава $TiO_2+Al+Ti+C$

Состав реакционной смеси, масс. %				Фазовый состав продуктов синтеза	
				Предполагаемый	Фактический, масс. %
TiO_2	Al	C	Ti	$Al_2O_3+TiC+Ti$	Al_2O_3 -16; TiC -73; Ti_2AlC -11.
50,0	22,5	7,5	20,0		

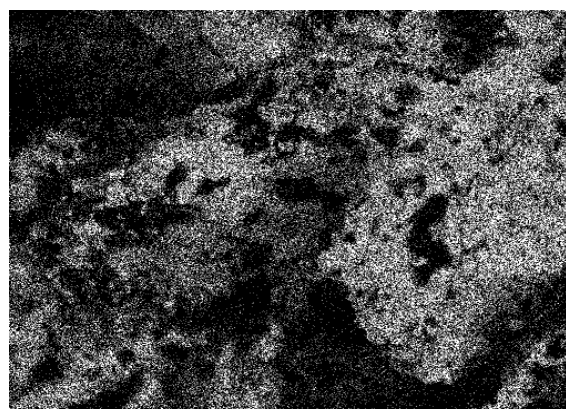
На рисунке 16 приведена морфология частиц порошка (а,б) и карты распределения элементов (в,г,д) в продуктах СВС в реакционной смеси $TiO_2+Al+C+Ti$.



а

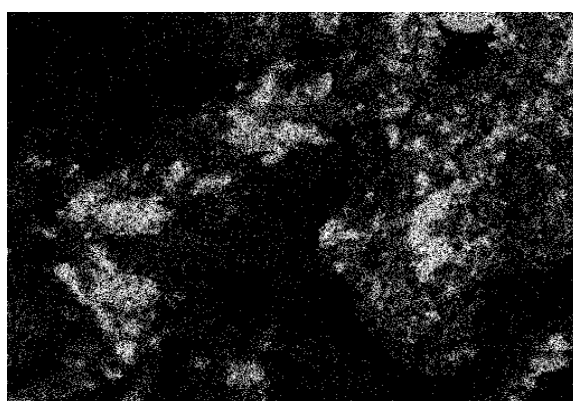


а



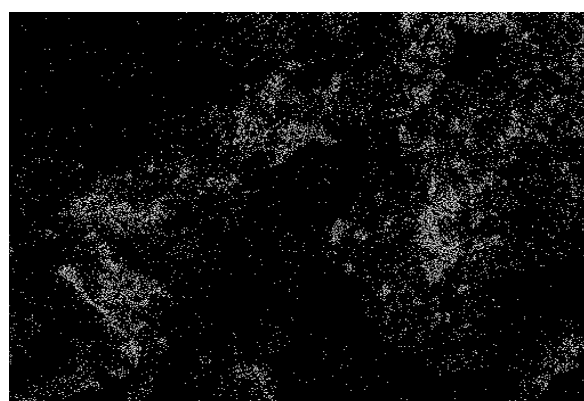
Ti Ka1

б



Al Ka1

в



O Ka1

г

Рисунок 18 – Морфология частиц порошка (а,б) и карты распределения элементов (в,г,д) в продуктах СВС в реакционной смеси $\text{TiO}_2 + \text{Al} + \text{C} + \text{Ti}$.

Надежная идентификация отдельных фаз в структуре продукта СВС (рис. 6б) затрудняется отсутствием карты распределения углерода, однако и без картирования углерода можно составить представление о распределении и дисперсности оксида алюминия в структуре. Оксид алюминия, как продукт алюмотермической реакции не локализуется в виде отдельных крупных частиц, а рассеян по всему объему в виде дисперсных частиц. Что касается структурных характеристик двух других фаз, выявленных рентгеноструктурным анализом, то для установления морфологии, дисперсности и распределения этих фаз в структуре композита требуется

картирование не одной, а хотя бы нескольких областей с обязательным использованием при анализе карты распределения углерода.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4AM81	Талгат Максат Талгатулы

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами по городу Томску; - ресурсы СО РАН ИФПМ (лаборатория)
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - прочие расходы – 10%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- общая система налогообложения; - страховые взносы во внебюджетные фонды 30%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Определение целей и результатов проекта, организационной структуры проекта
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Формирование плана и графика проекта: - Определение структур работ; - Определение трудоемкости работ; - Разработка диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат проекта.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности проекта
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Сегментирование рынка</i> 2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 3. <i>Матрица SWOT</i> 4. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM81	Талгат Максат Талгатулы		31.01.2020

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Введение

Целью настоящего раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных и проектных решений на этапе реализации на тему: “Исследование композиционных порошковых материалов на основе $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{Ti}$, полученных в результате реакций СВС и алюмотермии”. Для достижения цели данного раздела необходимо оценить перспективность и успешность научно-исследовательского проекта, полные денежные затраты на исследование (проект), а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

4.2. Потенциальные потребители результатов исследования

Научный проект заинтересован в тех потребителях, которые заинтересованы в его разработке. Следовательно, необходимо четко представлять, кто является конечным потребителем проекта или, кто может стать им в будущем и по какой причине они эту разработку приобретают, т. е. в итоге определить свой целевой рынок.

Рассмотрим целевой рынок и проведем сегментирование по применению порошковых материалов и изделий из них, в различных отраслях промышленности. Принимаются во внимание два критерия: отрасль промышленности и объем потребления. На основании этих критериев составляется карта сегментирования рынка в виде таблицы 9.

Из анализа сегментов рынка видно, что композиционные изделия с крупным объемом потребления относятся к космической промышленности и авиастроению, средний объем относится к машиностроению, а мелкий объем потребления к приборостроительной отрасли.

Таблица 9 – Карта сегментирования рынка

		Отрасль промышленности		
		Машиностроение	Космическое промышленность и авиастроение	Приборостроение
Размер компаний	Мелкий			+
	Средний	+		+
	Крупный	+	+	

4.3. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для изготовления деталей и инструментов в машиностроении применяют различные материалы: инструментальные углеродистые, легированные и быстрорежущие стали, твердые сплавы, минералокерамические материалы и алмазы. Методы изготовления изделий также развиваются. Наибольшее распространение при получении режущего инструмента, предназначенного для работы в отсутствии охлаждающих жидкостей и высоких скоростей вращения и подачи, получили технологии порошковой металлургии. Однако на данный момент всё большее распространение получают методы синтеза композиционных порошков, к которым относится самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС).

К композиционным порошкам системы « $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$ » и « $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$ » в настоящее время проявляется интерес, в связи с возможными преимуществами разработки материала с более улучшенными свойствами. Композиты из оксидов железа представляют интерес из-за их превосходных механических свойств и химической стабильности по отношению к металлам. Композитные материалы из оксида железа обладают магнитными свойствами. Настоящее изобретение предлагает фотокатализатор, включающий композитный материал, содержащий соединение железа, которое в больших количествах существует в

земной коре и, таким образом, стабильно поставляется и имеет высокую безопасность для окружающей среды. Фотокатализатор настоящего изобретения является недорогим, имеет высокую эффективность, легко восстанавливается и используется повторно, имеет чрезвычайно низкое загрязнение окружающей среды и способен значительно снизить себестоимость.

В настоящее время для получения композиционных порошков применяют вакуумное спекание прессованных смесей порошков оксида железа, титана, алюминия с последующим дроблением спеков. Однако с точки зрения производственных и экономических показателей это дорогой и низкопроизводительный способ. В этих отношениях предпочтительней выглядит метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерия оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{кл}	К _ф	К _{кл}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Повышение производительности труда пользователя	0,2	4	3	0,8	0,6
2.Простота технологии нанесения покрытия	0,1	3	2	0,3	0,2
3.Энергоэкономичность	0,2	5	3	0,8	0,6
4. Надежность	0,05	4	4	0,2	0,2
5. Уровень шума	0,05	3	3	0,15	0,15
6.Экологичность материала	0,10	4	3	0,4	0,4

Продолжение таблицы 10

7.Область применения покрытия	0,10	3	2	0,3	0,3
Экономические критерии оценки эффективности					
1.Конкурентоспособность продукта	0,1	4	2	0,4	0,2
2. Цена	0,05	3	3	0,4	0,45
3.Финансирование научной разработки	0,05	4	2	0,2	0,1
Итого:	1	37	27	3,95	3,0

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Из проведенного в таблице 4 анализа видно, что метод СВС позволяет получить увеличение производительности при значительно более низких затратах по сравнению с методом вакуумного спекания порошковых смесей, имея значительное преимущество по следующим параметрам:

- простота нанесения покрытий;
- энергозатраты на производство партии продукта.

4.4. SWOT-анализ

SWOT анализ (перевод с англ. swotanalysis) – один из самых эффективных инструментов в стратегическом менеджменте. Это анализ сильных и слабых сторон организации, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды. Аббревиатуры SWOT анализа

расшифровываются как: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Сильные и слабые стороны являются факторами внутренней среды объекта анализа (то есть тем, на что сам объект способен повлиять); возможности и угрозы являются факторами внешней среды (то есть тем, что может повлиять на объект извне и при этом не контролируется объектом). SWOT-анализ является предварительным исследовательским этапом при составлении стратегических планов, разработке стратегических целей и задач компании.

Основные преимущества данного проекта – универсальность, высокая производительность и возможность создания композиционного покрытия с заданными служебными характеристиками, увеличение срока службы инструмента, улучшение качества обрабатываемой поверхности, повышение эффективности использования оборудования, снижение себестоимости изделия.

Но несмотря на все преимущества проекта, есть и слабые стороны. На данном этапе не проработана стабильная технология получения порошков, которые используются для нанесения покрытия, а также сама технология нанесения покрытия производится вручную, что вносит нестабильность в свойства получаемых покрытий.

В таблице 11 (матрица SWOT) более подробно изложены сильные и слабые стороны исследовательского проекта, а также возможности и угрозы.

Таблица 11– Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>С1.Возможность модифицирования состава исходного материала; С2.Высокая работоспособность изделия; С3.Улучшение свойств обрабатываемой поверхности;</p> <p>С4.Снижение себестоимости изделия;</p>	<p>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>Сл1.Отсутствие прототипа научной разработки; Сл2.Не отработана технология получения порошков, которые в дальнейшем используются для нанесения покрытий;</p> <p>Сл3.Вероятность структурообразования составов;</p> <p>Сл4.Вероятность получения брака;</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ (т.е. использование научного оборудования); В2. Возможность внедрения технологии в производство;</p> <p>В3. Возможность участия в грантах, для повышения</p>	<p>С1 В2. Внедрение технологии в различные производства за счет возможности варьирования состава;</p> <p>С4 В2.Вероятность расширения количества поставщиков (снижение себестоимости изделия);</p> <p>С2 В3. участие в грантах приводят к улучшению высокой работоспособности</p>	<p>В1 Сл4. новейшее оборудование, позволит на ранних стадиях исследование, выявить и предотвратить появление брака; В1 Сл1. Возможность изготовления прототипа; В3 Сл2. Возможность отработки технологии на средства из грантов;</p>

производительности изделия; В4. Появление дополнительного спроса на новый продукт;	изделия;	
Угрозы: У1. Вероятность появления более высокооплачиваемой предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований. У2. Отсутствие оборудования для массового производства; У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства приводит к несвоевременно выполнению заказов изделия;	У1 С1. Возможность изменить состав для повышения конкурентоспособности с новыми предложениями на рынке. У3 С4. Появление резервных средств за счет экономии материала	У3 Сл4. длительный простой производства. У2 Сл1. Нежелание крупных предприятий сотрудничать в условиях отсутствия прототипа и оборудования массового производства

Проанализировав матрицу SWOT можно сказать, что у исследовательского проекта есть как сильные, так и слабые стороны. Улучшение свойств поверхностей изделий или получение совершенно новых композиционных изделий, обеспечит актуальность этой темы на протяжении многих лет, а возможность модифицирования исходного состава порошков продлит этот срок еще большим количеством времени. Угрозы У1 и У2 представляются серьезными и являются объектами для внимания при выводе разработки на рынок.

4.5. Организация и планирование работ

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Хронологически упорядоченные вышеуказанные данные сведены в таблицу 12.

Таблица 12. – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Выполняемая работа	Загрузка исполнителей		
	НР	И	ИНЖ
Постановка целей и задач.	100%	-	-
Разработка календарного плана.	100%	10%	-
Подбор и изучение литературы по тематике.	20%	100%	-
Подготовка литературного обзора	15%	100%	-
Подготовка материалов	100%	20%	-
Выполнение исследовательской работы	10%	100%	80%
Анализ результатов	90%	100%	-
Оформление результатов исследования	-	100%	-
Подведение итогов	60%	100%	-

НР(научный руководитель) – Коростелева Елена Николаевна

И(исследователь) – Талгат Максат Талгатулы

ИНЖ(инженер-технолог) – Кривопапов Владимир Петрович

4.5.1. Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами: технико-экономическим;— опытно-статистическим.— Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Поскольку, соответствующие нормативы не имеются, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами: аналоговый;— экспертный.— Аналоговый способ привлекает внешней простотой и около нулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исследователя не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально — для отдельных элементов (этапов работы). Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения 54 вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется формула.

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + t_{max}}{K_{вн}}$$

где t_{min} — минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} — максимальная продолжительность работы, дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 6 работ требуются специалисты:

- исследователь — в его роли действует исполнитель НИР;—
- научный руководитель;
- инженер-технолог — сотрудник, обеспечивающий работу—оборудования.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рд}$) ведется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} K_{д}$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{вн} = 1$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на $K_{д}$ компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель). Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{кд} = T_{рд} T_{к}$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{к}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}}$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

$T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 52$);

$T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 10$).

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

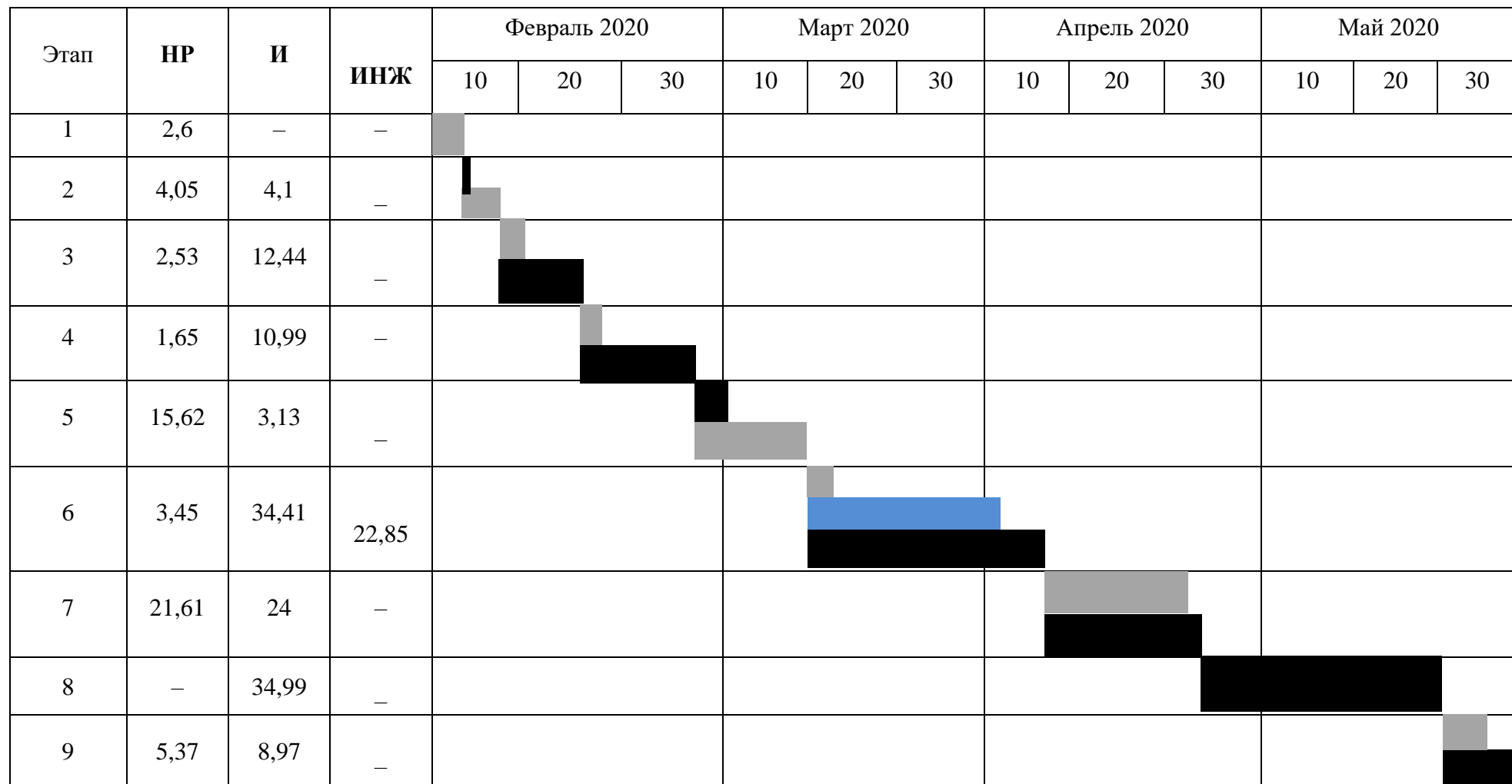
В таблице 13 приведен пример определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле (2). Столбцы 6, 7 и 8 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из трех участников проекта (научный руководитель, исследователь, и инженер-технолог) по

формуле(3) с учетом коэффициента $KД = 1,2$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $тож * KД$. Столбцы 9, 10 и 11 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях по формуле(4) путем дополнительного умножения на ТК (здесь оно равно 1,205). Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 9, 10 и 11 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Три последние величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоемкости этапов по исполнителям ТКД (данные столбцов (9, 10 и 11 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта, показанный в таблице 13.

Таблица 13 –Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнитель и	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.					
					$T_{РД}$			$T_{КД}$		
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	ИНЖ	НР	И	ИНЖ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Постановка целей и задач.	НР	1	3	1,8	2,16	–	–	2,6	–	–
Разработка календарного плана.	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,34	–	4,05	4,1	–
Подбор и изучение литературы по тематике.	НР, И	7	11	8,6	2,1	10,32	–	2,53	12,44	–
Подготовка литературного обзора	НР, И	6	10	7,6	1,37	9,12	–	1,65	10,99	–
Подготовка материалов	НР, И	10	12	10,8	12,96	2,6	–	15,62	3,13	–
Выполнение исследовательской работы.	И, ИНЖ	21	28	23,8	2,86	28,56	22,85	3,45	34,41	27,53
Анализ результатов	НР, И	15	19	16,6	17,93	19,92	–	21,61	24	–
Оформление результатов исследования	И	23	26	24,2	–	29,04	–	–	34,99	–
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	4,46	7,44	–	5,37	8,97	–
Итого:				102,4	47,2	100,34	22,85	56,88	123,03	27,53

Таблица 14 – Диаграмма Ганта



НР – И – ИНЖ –

4.6. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится последующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- оборудование;
- заработная плата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.6.1. Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). Расходы, связанные с приобретением сырья, материалов и комплектующих изделий, а также транспортно-заготовительные расходы для проведения исследования представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Марка	Кол-во	Цена за ед., руб	Сумма, руб.
Порошок оксида железа		1 кг.	6000	6000
Порошок алюминиевый	ПА-4	1 кг	545	545

Продолжение таблицы 15

Круг шлифовальный	Bosch	1 уп.	1000	1000
Шлифовальная паста	3М	3 шт.	2000	6000
Суспензия	Helling	3 уп.	750	2250
Кислота	NHO3	1000 мл.	300	300
Всего за материалы				16095
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				805
Итого				16900
Наименование	Марка	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	«Снегурочка», А4, 500 листов	2	224	448
Шариковая ручка	«Erich Krause» синяя	2	30	60
Карандаш	«Конструктор» твердый	2	9	18
Ластик	«Erich Krause»	1	55	55
Папка	«Erich Krause», красная	1	12	12

Затраты на электроэнергию, потраченную по ходу работы рассчитывается по формуле:

$$\text{Сэл.об.} = \text{Роб} \cdot \text{тоб} \cdot \text{ЦЭ}$$

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{ОБ}$, час	Потребляемая мощность $P_{ОБ}$, кВт	Затраты ЭОБ, руб.
Гидравлический пресс МС-500	9,8	1,5	84,5
Вакуумная печь СНВЭ-1.3.1/16	11,2	18	1158,8
Полировальный станок «Saphir 520»	7	3,2	128,8
Микроскоп «Axiovert 200 mat»	7,7	0,1	4,42
Персональный компьютер	34	0,3	58,63
Итого:			1435,15

4.6.2. Расчет затрат на оборудование

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Таблица 17 – Список оборудования для исследования

№	Наименование оборудования	Кол-во	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, руб
1	Гидравлический пресс МС-500	1	790000	790000
2	Вакуумная печь СНВЭ-1.3.1/16	1	750000	750000

Продолжение таблицы 17

3	Смеситель пьяная бочка	1	230000	230000
4	Вытяжной шкаф	1	26230	26230
5	Полировальный станок «Saphir 520»	1	95000	95000
6	Микроскоп «Axiovert 200 mat»	1	34795	24795
7	Компьютер	1	35000	35000
Итого:				1961025

При выполнении научного проекта вышеуказанное оборудование находилось в лаборатории, поэтому учитывается в виде амортизационных отчислений.

4.6.3 Расчет амортизационных отчислений

Во время использования машины, машина неизбежно будет иметь старое явление, поэтому мы должны рассчитать старые потери оборудования.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$З_{об} = (Ц \cdot F_{ф}) / (F_{н} \cdot F_{сс}),$$

где Ц – цена оборудования, руб.;

$F_{н}$ – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч;

$F_{сс}$ – срок службы оборудования, год; $F_{ф}$ – фактическое время занятости оборудования, ч.

$$F_{н} = 250 \text{ дней} = 6000 \text{ ч.}$$

Вычисленная амортизация оборудования представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет амортизационных отчислений

№	Наименование оборудования	Ц, руб	$F_{сс}$, год	$F_{ф}$, ч	$З_{об}$, руб.
1	Гидравлический пресс МС-500	1590000	25	3	31,8
2	Вакуумная печь СНВЭ-1.3.1/16	1250000	25	3	25
3	Смеситель пьяная бочка	530000	20	2	9,1

Продолжение таблицы 18

4	Вытяжной шкаф	26230	5	20	19
5	Полировальный станок «Saphir 520»	95000	10	10	15
6	Микроскоп «Axiovert 200 mat»	34795	10	1	0,6
7	Компьютер	35000	5	10	12,6
Итого:					98,1

4.6.4. Расчет заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом.

Для инженера 0,5 ставки по тарифу зарплата составляет $Q_{\text{инж}}=1702,14$ руб/мес, для руководителя (0,5 ставки) $Q_{\text{рук}}=2178,9$ руб/мес.

Основная заработная плата руководителя (профессора) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{ра}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. Действительный годовой фонд времени одного рабочего составляет 1790 ч при 307 рабочих днях в году и 40-часовой рабочей неделе.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5 (в ТПУ – надбавка по статье «причисление к объектам культурного наследия» 30-50% от $З_{\text{тс}}$ в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{\text{тс}}$;

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3

Таблица 19 – Расчет заработной платы

Исполнители	$З_{\text{б}}$, руб.	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{д}}$	$K_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{раб}}$, раб.дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
НР	2178,9	0,3	0,2	1,3	33664	635,169	47	27852,943
ИНЖ	1702,14	0,3	0,2	1,3	26298	496,188	23	11412,324
Итого:								39256,27

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

4.6.5. Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб.}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды равный 0,13 (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб.}} = 39256,27 \cdot 0,13 = 5103,32 \text{ руб.}$$

4.6.6. Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые отнесены непосредственно на конкретную тему.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл.}} = k_{\text{накл.}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, равный 0,8.

$$C_{\text{накл.}} = 39256,27 * 0,8 = 31405,016 \text{ руб.}$$

В таблице 19 приведены стоимость материальных затрат.

4.6.7. Расчет общей себестоимости затрат разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Исследование композиционных порошковых материалов на основе $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{Ti}$, полученных в результате реакций СВС и алюмотермии».

Таблица 20 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Затраты, руб.
Затраты на материалы	16900
Затраты на электроэнергию	1435,15
Стоимость оборудования	1961025
Заработная плата	277396,46
Отчисления на социальные нужды	12562
Накладные расходы	31405,016
Итого:	2293363,05

Таким образом, общая себестоимость НИР равняется = **2293363,05** руб.

4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.7.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Таблица 21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	2752800	2752800	2752800	2752800
2	Итого приток, руб.	0	2752800	2752800	2752800	2752800
3	Инвестиционные издержки, руб.	-2294000	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	299496	299496	299496	299496
5	Налогооблагаемая прибыль	0	2453304	2453304	2453304	2453304
6	Налоги 20 %, руб.	0	490660	490660	490660	490660
7	Итого отток, руб.	-2294000	790156	790156	790156	790156
8	Чистая прибыль, руб.	0	1962644	1962644	1962644	1962644
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-2294000	2192144	2192144	2192144	2192144
10	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	0,833333	0,694444	0,578704	0,482253
11	Чистый дисконтированный доход (ЧДД), руб.	-2294000	1819077	1512293	1249764	1052117
12	Σ ЧДД	3152251				
12	Итого NPV, млн руб.	1667857,67				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 2124266 млн. рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить

инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, млн. руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, млн. руб.

$$PI = 3152251 / 229400 = 1,39$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Значение ставки, при которой **NPV** обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или **IRR**. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или **NPV** = 0. По разности между **IRR** и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе **IRR** к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

$$\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t}$$

Между чистой текущей стоимостью (**NPV**) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 22 и на рисунке 19.

Таблица 21 – Зависимость **NPV** от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, млн. руб.
1	Чистые денежные потоки, млн. руб.	-2294000	2192144	2192144	2192144	2192144	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	

Продолжение таблицы 21

	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный доход, млн. руб.						
	0,1	-2294000	1992658	1810710	1646300	1497234	4652902
	0,2	-2294000	1826050	1521347	1267059	1056613	3377069
	0,3	-2294000	1685758	1297749	997425	767250	2454182
	0,4	-2294000	1565190	1117993	797940	569957	1757080
	0,5	-2294000	1462160	973311	646682	434044	1222197
	0,6	-2294000	1370090	854936	534883	335398	499507
	0,7	-2294000	1288980	734368	445005	245520	419873
	0,8	-2294000	1218832	667372	374856	208253	175313
	0,9	-2294000	1153067	607223	320053	168795	-44862
	1,0	-2294000	1096072	548036	274018	135912,9	-239961

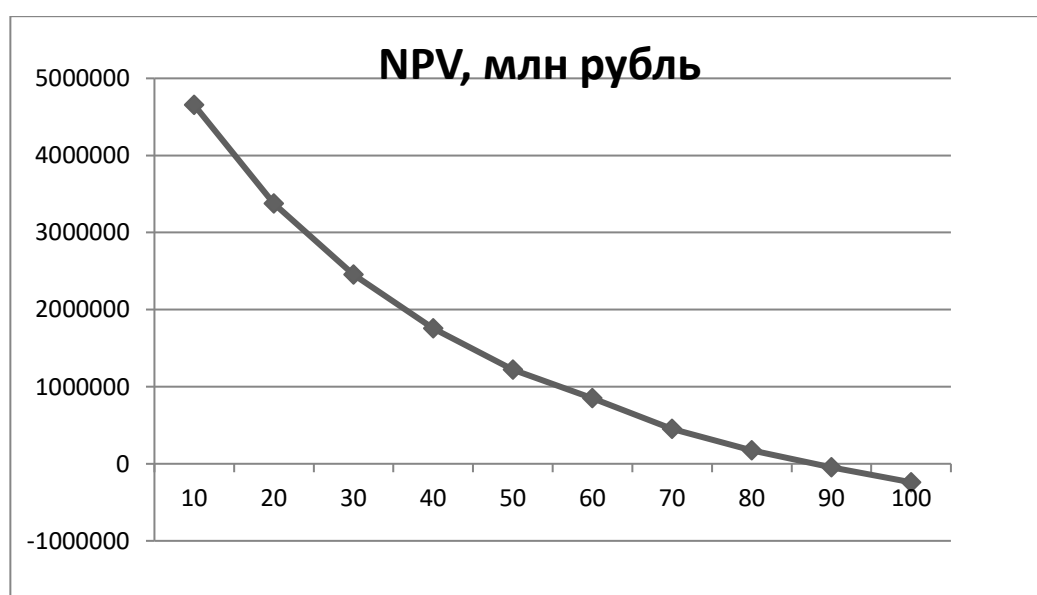


Рисунок 19 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 87%.

Запас экономической прочности проекта: $87\% - 20\% = 67\%$

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 22).

Таблица 22 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный денежный доход ($i = 0,20$), млн. руб.	-2294000	1819077	1512293	1249764	1052117
2	То же нарастающим итогом, млн. руб.	-2294000	-474923	1037370	2287134	3339251
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 1 + (474923 / 1512293) = 1,3 \text{ года}$				

Социальная эффективность научного проекта (таблица 23) учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 23 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Превышение мелких частиц металлических порошков в воздухе	Модернизация вентиляционной системы
Невозможность наблюдения и предсказания техногенных нарушений	Усовершенствование в использовании ПО, преждевременное определение

4.7.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Для определения эффективности исследования проведем сравнение методов спекания: метод СВС и метод печного синтеза. Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^p – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1(метод СВС)	Исп. 2 (печным синтезом)
Удовлетворяет потребности потребителя	0.2	5	4
Энергосбережение	0.25	4	3
Надежность	0.3	4	4
Материалоемкость	0.25	4	4
Итого:	1	-	-
I_{pi}	-	4,2	3.75

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения проекта определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

Сравнительная эффективность указаны в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

№ п/п	Показатели	Исп. 1 (СВС)	Исп. 2 (ГП)
1	Интегральный финансовый показатель	1,0	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,2	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	4,2	3,82

Продолжение таблицы 25

4	Сравнительная эффективность проекта относительно исп. 1	1,0	0,9
---	---	-----	-----

Представленные в таблице 25 расчеты показывают, что наиболее эффективным вариантом проектного решения является метод СВС, который и был задействован в НИР.

4.8. Заключение по разделу

Описан целевой рынок, то есть кто является конечным потребителем продукта или, кто может стать им в будущем. После анализа целевого рынка составлена карта сегментирования для композиционных порошков, в зависимости от двух критериев: отрасль промышленности и объем потребления.

При анализе конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения изготовления композиционных порошковых материалов методом СВС и методом вакуумного спекания, можно сделать вывод, что метод СВС имеет преимущество перед методом вакуумного спекания, т.к. позволяет получить увеличение производительности при значительно более низких затратах.

На основе метода SWOT – анализа можно сказать, что улучшение свойств поверхностей изделий или получение совершенно новых композиционных изделий, обеспечит актуальность этой темы на протяжении многих лет. Но существуют угрозы в виде возможности появления более высокооплачиваемых предложений на рынке и отсутствия оборудования для массового производства, что требуют серьезного внимания и рассмотрения.

Рационально спланирована занятость каждого из участников и сроки проведения отдельных работ для организации процесса реализации исследовательской работы. Опытно-статистическим методом были определены

продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе.

Вычислены полные денежные затраты на исследовательскую работу. В состав затрат на создание проекта включались величины всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание исследования. В итоге, общая себестоимость НИР по всем статьям затрат 2293363,05 руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4AM81	Талгат Максат Талгатулы

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Тема ВКР:

Исследование композиционных порошковых материалов на основе Fe_2O_3+Al и $Fe_2O_3+Al+Ti$, полученных в результате реакций СВС и алюмотермии	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследования являются композиционные порошки системы Fe_2O_3+Al и $Fe_2O_3+Al+Ti$ полученных в результате СВС и алюмотермии.</p> <p>Исследованы характеристики синтезированных порошков $Fe_2O_3+Al+Ti$ (морфология, микроструктура и фазовый состав, внутри частичная пористость и т.п.).</p> <p>Исследование проводилось на базе лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов ИФПМ СО РАН. Область применения: порошковая металлургия.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ; – Положение об организации работы по охране труда в ИФПМ СО РАН [Текст]. – Томск: ИФПМ СО РАН, 2018. – 18с; – Требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78; – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ должны обеспечиваться в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; – средства пожаротушения предусматриваются согласно требованиям противопожарной безопасности по СНИП 2.01.02. -85; – Использование электрических приборов осуществляются в соответствии с ГОСТ Р 52084-2003.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Превышение уровня шума 2. Вредные вещества 3. Отклонение показателей микроклимата 4. Отсутствие или недостаток естественного света. Недостаточная освещенность рабочей зоны 5. Опасность поражения электрическим током
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – Воздействие на атмосферу в связи с токсичностью порошков, взрывоопасностью и пожароопасностью некоторых материалов и газов; – Влияние на гидросферу посредством слива кислот, щелочей, солей отходов вредных веществ в общую систему канализации..

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные чрезвычайные ситуации при выполнении проекта являются: поражение электрическим током, короткое замыкание электрической цепи, и как следствие, пожар. Для предотвращения ЧС необходимым является осуществление меры по технике безопасности на рабочем месте.
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	Д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM81	Талгат Максат Талгатулы		

5.1. Введение

В настоящем разделе магистерской диссертации проведен анализ рабочей среды, оценка рисков и факторов безопасности при выполнении научно-исследовательских работ по заданной теме.

Порошковая металлургия, наряду с другими наукоемкими и энергосберегающими отраслями промышленности, является одним из основных направлений развития современного, высокоэффективного производства технологически развитых стран мирового сообщества.

Актуальность проекта заключается в том, что использование принципов порошковой металлургии при изготовлении композиционных материалов позволяет значительно уменьшить энергетические затраты и расход материалов. В социальном аспекте порошковая металлургия способствует снижению загрязнения окружающей среды газами, вредными выбросами и шлаками, т. е. обеспечивает большую экологическую чистоту производства.

В данной диссертационной работе были изучены свойства и возможности композитных порошковых материалов на основе $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{Ti}$, полученных в результате самораспространяющегося высокотемпературного синтеза и алюмотермии.

5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.2.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При организации рабочих мест учитывается то, что конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение его элементов соответствуют антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим данным человека. Также не создают угрозы здоровью человека и выполняемой при минимальной затрате биологических ресурсов. Лаборатория на 3 этаже здания, помещение представляет собой комнату размером 8м на 6м. В лаборатории находится 5 рабочих мест, при этом они

расположены так, что обеспечивают безопасный доступ на рабочее место и возможность быстрой эвакуации в случае опасности. Режим рабочего времени зависит от объема работы (с 10 до 18).

Защита персональных данных работника относятся к частной жизни гражданина, которая является конституционным правом каждого. Для этого существует Указ Президента РФ от 6.03.1997 г. за № 188, в котором сказано, что персональные сведения носят конфиденциальный характер, а значит должны оставаться не доступными для общественности (ТК РФ от 01.06.2016 N197-ФЗ [23]).

Компенсации за вредные условия труда осуществляется по ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ [24].

Основные принципы организации работы по охране труда, структуру и функции органов управления охраной труда, обязанности и ответственность федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) устанавливается положением об организации работы по охране труда в ИФПМ СО РАН. Организация работ по охране труда в ИФПМ СО РАН возлагается на работников отдела охраны труда и техники безопасности, пожарной безопасности, гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ОТ и ТБ, ПБ, ГО и ЧС)[25].

5.2.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Эргономическая оценка рабочих мест, в производственных условиях, проводится комплексно согласно методическим рекомендациям Минздрава: «Основные принципы и методы эргономической оценки рабочих мест для выполнения работ сидя и стоя. Методические рекомендации". Рабочее место соответствует требованиям ГОСТ 12.1.007-76 [26]:

- конструкцией рабочего места обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля;

- конструкцией производственного оборудования и рабочего места обеспечено оптимальное положение работающего.

5.3 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы.

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	Порошковая металлургия и машиностроение	1) СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно вычислительным машинам и организации работы» 2)ГОСТ Р 52084-2003. Приборы электрические бытовые. Общие технические условия

Продолжение таблицы 26

2.Привышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
3.Недостаток или отсутствие естественного света	+	+		СНиП 23 – 05 –95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение.
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+		СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95*
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+		ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля

5.3.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

5.3.1.1. Анализ показателей микроклимата

Микроклимат это комплекс метеорологических условий в помещении: температура, относительная влажность, воздухообмен, скорость движения воздуха, содержание в воздухе твердых частиц (пыли), наличие приятных запахов (ароматерапия) и др. Оптимальными для микроклимата жилых и общественных помещений в тёплое время года считаются: температура воздуха 22-25° С, относительная влажность 40-60 %, скорость движения воздуха не более 0,25 м/с; в холодное время года эти показатели составляют соответственно 20-22° С, 30-45 % и 0,1-0,15 м/с.

Нормы для параметров микроклимата установлены санитарными правилами и нормами СанПин 2.2.4.548-96. Нормированные значения

температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений приведены в таблице 27.

27 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С.	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Ниже оптим. величин не более	Выше оптим. величин не более
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период и вентиляцией в теплый период.

Параметры микроклимата в лаборатории :

– Для холодного и переходного сезонов. Температура поддерживается на значении 18-23 °С градуса, относительная влажность составляет от 40 до 60%, скорость движения воздуха не превышает 0,1 м/с.

- Для теплого сезона. Температура составляет от 21 до 25 °С, остальные параметры остаются аналогичными. Здесь обычно предусматриваются системы водяного отопления. Вода в них прогревается до 95 °С.

Роль нагревательных приборов здесь играют радиаторы из чугуна, имеющие гладкую поверхность. В этом случае возможна лёгкая очистка изделий. Размещаются они под окнами, исключением являются угловые помещения. Вне зависимости от типа вентиляции в помещении установлено следующее оборудование:

- Просто откидывающиеся фрамуги или форточки.
- Вытяжные шкафы с механическим побуждением.
- Местные пылеотсосы, которые устанавливаются в местах с её повышенным образованием.

- Вытяжные зонты. Располагаются над печами, если таковые имеются, над газовыми плитами и другими нагревательными приборами.

Устройства, которые осуществляют удаление загрязненного воздуха, пыли порошковых материалов, а также других металлов, оборудованы соответствующими фильтрами. Это позволит исключить загрязнение атмосферного воздуха. В основных помещениях лабораторий обязательно предусматривается кондиционирование. Помещение, в котором производились работы, имеет параметры: длина 8 м, ширина 6 м, высота 3,20 м, общая площадь 48 м², общий объем 153,6 м³. Одновременно в лаборатории может работать до 5 человек.

Определяем кратность воздухообмена при естественной вентиляции по формуле:

$$K = \frac{A * B * C}{V}$$

где А – площадь вентиляционного отверстия (форточка), м²;

В - скорость движения воздуха в вентиляционном отверстии, м/с;

С - время проветривания, сек.;

V - объем помещения, м³;

Соответственно кратность воздухообмена составит:

$$K = \frac{1,8 * 0,1 * 30 * 60}{153,6} = 2,1 \text{ раза}$$

Рассчитываем необходимый объем вентиляции по формуле:

$$L = \frac{n * N}{P_1 - P_2}$$

где L - объем вентиляции, м³;

n – количество СО₂ , выдыхаемое человеком в час (22,6 л);

N – число рабочих в данном помещении;

P_1 - максимально допустимое содержание CO_2 в помещении (1 л/м^3);

P_2 - содержание CO_2 в атмосферном воздухе ($0,4 \text{ л/м}$).

$$L = \frac{22,6 * 5}{1 - 0,4} = 188,3$$

Сравниваем нормированное и фактическое значения кратности воздухообмена. Для этого находим соотношение между объемами вентиляции и помещения.

$$K = \frac{188,3}{153,6} = 1,23$$

Как видно фактическая кратность воздухообмена выше необходимой, следовательно, исследуемое помещение проветривается в достаточном количестве.

5.3.1.2 Анализ показателей шума

Шум является одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов. Люди, работающие в условиях повышенного шума, жалуются на быструю утомляемость, головную боль, бессонницу. Настоящий стандарт распространяется на машины, технологическое оборудование и другие источники шума, которые создают в воздушной среде все виды шумов по ГОСТ 12.1.003-83.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром, приведены в таблице 4.

Основными источниками шума при выполнении исследовательской работы в помещении являются принтер, вентиляторы системы охлаждения, шлифовально-полировальный станок Saphir 520.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся. Средства индивидуальной защиты органов слуха работающих

установлены: это противошумные шлемофоны (шлемы), наушники, заглушки, вкладыши.

Таблица 28 – Допустимые уровни звукового давления и уровня звука на рабочих местах [27].

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							Уровни звука, дБ
	63	125	250	1000	2000	4000	8000	
Лаборатория для проведения экспериментальных работ.	94	87	82	75	73	71	70	80

Наша лаборатория соответствует по вышеуказанным параметрам.

5.3.1.3. Анализ освещенности рабочей зоны

К современному освещению предъявляются высокие требования как гигиенического, так и технико-экономического характера. Существует три вида освещения – естественное, искусственное и комбинированное.

Требования к естественному освещению:

1) Коэффициент естественного освещения для производственных помещений со зрительно напряженными работами составлено в соответствии со СП 52.13330.2016:

- 0,035 (3,5%) - при одном боковом освещении для наивысшей точности;
- 0,025 (2,5%) - при одном боковом освещении для работ высокой точности;
- 0,020 (2%) - при боковом освещении для работ высокой точности.

2) Световые проемы производственных помещений ориентированы ориентированы на север, предусмотрены солнцезащитные приспособления

(жалюзи, козырьки, экраны, шторы, матовая окраска стекол и так далее), устраняющие слепящее действие солнечного света на рабочих местах.

Требования к искусственному освещению:

1) Освещенность рабочей поверхности при комбинированном (общем и местном) освещении соответствует нормам. Освещенность рабочих мест светильниками общего освещения в системе комбинированного составляет 270 лк [28].

2) Освещенность рабочих мест в производственных помещениях без естественного освещения ~~должна~~ соответствовать СП 52.13330.2016:

не менее 300 лк - для работы I и II разряда;

В лаборатории для работы над дипломным проектом используется комбинированный вид освещения. Рабочее место соответствует норме.

5.3.1.4. Анализ электробезопасности

Опасность поражения электрическим током зависит от таких факторов, как сырость, жара, едкие пары и газы, токопроводящая пыль. При наличие данных факторов возникает возможность перехода напряжения на нетоковедущие части электрооборудования (корпуса, станины, кожухи), с которыми работающий находится в контакте. В таких условиях также понижается электрическое сопротивление тела человека, дополнительно увеличивая опасность поражения током.

Помещение, в которой проводилась исследовательские работы принадлежит помещениям с повышенной опасностью поражения электрическим током.

Согласно ПУЭ в помещении:

- Влажность воздуха не превышать 75%.
- Имеется работающая приточно-вытяжная вентиляция. В помещении не имеется токопроводящей пыли и химических соединений в воздухе.
- Температура окружающего воздуха не превышает +35°C.

- Покрытие пола выполнено из материалов не проводящих электричество.

Рабочее место удовлетворяет всем требованиям безопасности жизнедеятельности: нет доступа к токоведущим частям, все источники питания пронумерованы, корпуса компьютеров заземлены.

5.4. Экологическая безопасность

Помещение, где проводилась работа, находится в ИФПМ СО РАН, рядом находятся другие научно-исследовательские корпуса. Расстояние до ближайшего жилого дома составляет около 500 м.

Защита атмосферы

Основными загрязнителями атмосферного воздуха являются соединения азота (NO_x , NH_3) и твердые частицы – аэрозоли. Для защиты атмосферы от негативного антропогенного воздействия используются следующие основные меры:

- Экологизация технологических процессов
- Очистка технологических газовых выбросов от вредных примесей
- Рассеивание газовых выбросов в атмосфере
- Устройство санитарно-защитных зон, архитектурно-планировочные решения.

Защита гидросферы

Основными источниками загрязнения гидросферы является изменения физических и органолептических свойств, увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода, появлении радиоактивных элементов и других загрязнителей.

Защита литосферы

Основные значимые составляющие литосферы: почвы, горные породы и их массивы, недра.

Утилизация ТБО и люминесцентных ламп

После сбора отходы подвергаются переработке, утилизации и захоронению. Перерабатываются такие отходы, которые могут быть полезны.

Для утилизации металлических порошков применяются спекания частиц и сжижения качества порошков: увеличение степени агломерации частиц, укрупнение их размеров.

Концентрации химических реактивов, используемых в лаборатории, не превышают предельно допустимых концентраций в воздухе. В соответствии с санитарными нормами при работе с водным аммиаком загрязнение окружающей среды не представляет опасности для здоровья людей. Полученные отходы полностью утилизируются.

5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможные чрезвычайные ситуации при выполнении проекта являются: поражение электрическим током, замыкание электрической цепи, и как следствие, пожар. Для предотвращения ЧС необходимо осуществлять меры по технике безопасности на рабочем месте.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим.

В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон возможного поражения или разрушений (ГОСТ Р 22.0.01-2016, ГОСТ 12.1.002-84.11.).

Очень важно обеспечить общественный порядок, что даст возможность свободному прибытию формирований гражданской обороны (ГО) к месту аварий. Формирования охраны общественного порядка должны приступить к работе в первую очередь.

Согласно нормам пожарной безопасности, в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д.

Используемый технологический процесс в условиях ИФПМ СО РАН относится к категории В1, так как используются горючие вещества. В данном случае источником зажигания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок.

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности ГОСТ 12.0.004-2015 ССБТ, ГОСТ 12.1.033-81): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре). Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, являются:

- составление планов эвакуации;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию;
- ознакомление работающих в лаборатории сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте.
- Инструктаж по ПБ

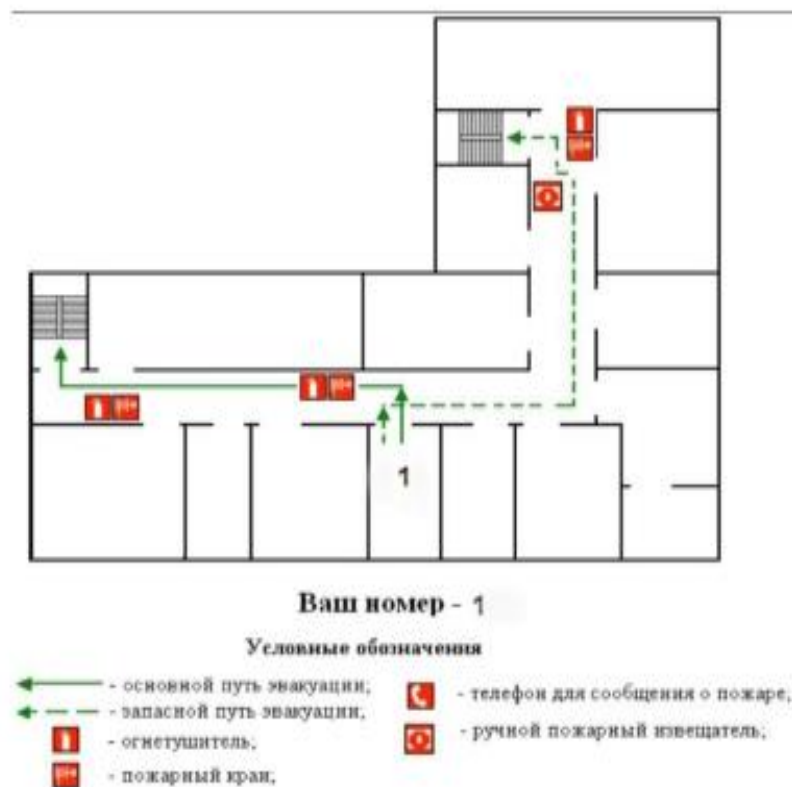


Рисунок 20 – План эвакуации

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, являются:

- составление планов эвакуации;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;
- ознакомление работающих в лаборатории сотрудников с планом эвакуации (рисунок 20), который должен висеть на видном месте.

5.6. Заключение по разделу

После проведения анализа вышеуказанных объектов, норм и требований, можно сделать вывод о соответствии нашего рабочего места в исследовательской лаборатории предписаниям НТД.

Рабочее место удовлетворяет всем требованиям безопасности жизнедеятельности: нет доступа к токоведущим частям, все источники питания пронумерованы, корпуса компьютеров заземлены

В результате был выполнен расчет кратности воздухообмена, который показал, что исследуемое помещение проветривается в достаточном количестве.

С учетом актуальности проекта (уменьшение энергетических затрат и расходов материала), а также при условии обеспечения большей экологической чистоты производства и соблюдения требуемых стандартов, данная научно-исследовательская работа имеет возможность внедрения в производство.

Заключение

В результате проделанной работы были получены и исследованы композиционные порошки «оксид железа + алюминий + титан».

Было показано, что предварительная механическая активация реакционной порошковой смеси позволяет расширить концентрационный предел послыйного горения в сторону большего содержания титановой связки.

Результат теплового взрыва показал, что по сравнению СВС качественного отличия в фазовом составе нет. На примере составов №2 ($1,23\text{Ti} + 0,1\text{C} + 1,2\text{Al} + 0,12\text{Fe}_2\text{O}_3$) и №3 ($0,1\text{TiC} + 0,1\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,03\text{TiO}_2$) новых фаз не было обнаружено.

В системе $\text{Ti} + \text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ на восстановление железа из оксида алюминия ушла только часть алюминия, а неизрасходованные алюминий, оксид железа и находящийся в избытке титан вступили в реакции с образованием двойных интерметаллидов и сложного оксида.

В система $\text{TiO}_2 + \text{Al} + \text{C} + \text{Ti}$ в результате рентгеноструктурного анализа возникла тройная фаза, то есть присутствовал алюминий и углерод. В результате часть алюминия ушла в тройную фазу и не участвовала в алюмотермической реакции. Карбид титана имел дефицитный по углероду состав, так как часть углерода также ушла в тройную фазу.

Список используемой литературы

1. Леонов В.В. Материаловедение и технология композиционных материалов. Курс лекций / О.А. Артемьева, Е.Д. Кравцова – Красноярск: СФУ, 2007. -241с
2. Процессы порошковой металлургии. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : курс лекций / Е. Н. Осокин, О. А. Артемьева. – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008
3. Новые композиционные материалы: учебное пособие / Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 80 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0988-3
- 4В.Н.Анциферов, Г.В.Бобров, Л.К.Дружин, С.С.Кипарисов, В.И.Костиков, А.В.Крупин, В.В.Кудинов, Г.А.Либенсон, Б.С.Митин, О.В.Роман. Порошковая металлургия и напыленные покрытия. Из-во: Металлургия, — 1987., —791с.].
- 5Rudolf Fichte. "Ferroalloys". Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH. doi:10.1002/14356007.a10_305
6. "Concise Encyclopedia of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. History, Theory, Technology, and Products". 1st Ed., Editors: I. Borovinskaya, A. Gromov, E. Levashov et al., Imprint: Elsevier Science, 2017
7. Mukasyan, Alexander S.; Shuck, Christopher E.; Pauls, Joshua M; Manukyan, Khachatur V. (2018-12-02). "The Solid Flame Phenomenon: A Novel Perspective". Advanced Engineering Materials. 174 (2–3): 677–686. doi:10.1016/j.cej.2011.09.028
8. Chun-ChengZhu, JiaZhu, HuaWu, HongLin. Rare Metals. 2015, 34(2), 107–110. 2. Varma A. AdvChem Eng. 1998, 24, 78–226. 3. Bystrzejewski M., Szala M., Kicinski W., Kaszuwara W. et al. NewCarbonMater. 2010, 25(2), 81–88.
9. A. G. Merzhanov. In: Combustion and Plasma Synthesis of High Temperature Materials. VCH Publishers. New York. (1990) 1—16 p. 709 p.

- 10 Мержанов А.Г., Боровинская И.П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений // Доклады Академии наук СССР. — 1972. Том 204, № 2.с. 336-339
- 11.Radhakrishnabhat B.V., Subramanyam J., Bhanuprasad V.V., Preparation of Ti–TiB–TiC and Ti–TiB composites by insitute action hot pressing. — MaterSciEng A 2002;325:126–30.
12. Atri R.R., Ravichandran K.S., Jha S.K., Elastic properties of in situ processed Ti–TiB composites measured by impulse excitation of vibration.MaterSciEngA 1999;271:150–9
13. Geng K.E., LuW.J., Zhang D. Insitusynthesized (TiBpY2O3)/Ti composites. J MaterSciLett2003;22:877–9
- 14.Е.А. Левашов, А.С. Рогачев, В.И. Юхвид, И.П. Боровинская. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. — М.: Бином, — 1999, — 176 с.].
- 15.Мержанов А.Г., Боровинская И.П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений // Доклады Академии наук СССР. — 1972. Том 204, № 2. с. 336-339
- 16.Погожев Ю. С. и др. О влиянии нанокристаллических порошков тугоплавких соединений на процесс горения, структурообразование, фазовый состав и свойства СВС-сплава на основе TiC-TiAl //Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. — 2006. — №. 5. — С. 23-31
- 17.Прибытков Г. А. Исследование и разработка порошковых катодных материалов Al-Cr, Al-Cr-Si для ионно – плазменного синтеза износостойких покрытий
- 18.Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов. Под научной редакцией В.Н. Анциферова. М.: Машиностроение-1, 2007. 471 с
19. Столлоф Н.С., Лю К.Т., Дееви С.К. (2000) Интерметаллики 8: 1313

20. Cui, С .; Ху, Б .; Чжао, Л .; Лю, С. Технология производства титановых сплавов, перспективы рынка и развитие отрасли. *Mater. Des.* 2011 , 32 , 1684–1691. [[GoogleScholar](#)] [[CrossRef](#)]
21. Диаграммы состояния двойных металлических систем ред. Лякишева Н.П. Машиностроение, 1996-2000 г
22. Н. А. Панькин, В. П. Мишкин, М. А. Окин, А. Ф. Сигачев. (Ti-Al) – Композиционные материалы, полученные прессованием с последующим спеканием на воздухе. Структура и свойства // Журнал: Известия высших учебных заведений. – 2015. – С. 156-167
23. ТК РФ от 01.06.2016 N197-ФЗ. Трудовой кодекс российской федерации
24. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
25. Положение об организации работы по охране труда в ИФПМ СО РАН [Текст]. – Томск: ИФПМ СО РАН, 2018. – 18с.
26. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)
27. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N1).
28. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01. Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных мест. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов
29. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватули-на, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
30. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

31. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

32. ГОСТ 12.1.018-93. Пожаровзрывобезопасность статического электричества

Приложение А

Literature review

Study of composite powder materials based on $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}$ and $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{Ti}$ obtained as a result of SHS and aluminothermy reactions.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM81	Талгатов Максат Талгатулы		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коростелева Елена Николаевна	к.т.н		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ажель Юлия Петровна	-		

1.Literature Review

1.1. Powder Metallurgy Basics

Powder metallurgy is the process of mixing fine powder materials, pressing them to the desired shape or shape (pressing), followed by heating the compressed material in a controlled atmosphere to bind the material (sintering).

It is known that powder metallurgy is engaged in the manufacture of metal powders, as well as various products made of them. The special distinguishing feature of powder metallurgy as an industrial method for manufacturing various types of materials is the use of primary raw materials in the form of powders. In the next stages, these raw materials are pressed into various products of specified parameters and are subjected to heat treatment (sintering).

Powder technology is a wide area for the production of particulate fertilizers, fuels, building materials, etc.

The main elements of powder metallurgy technology are as follows:

- obtaining and preparing the source material powders, which can be pure metals or alloys, mixtures of metals with non-metals, and other various chemical compounds;
- pressing articles of the required shape from prepared batch in special press forms;
- thermal treatment or baking of pressed products;

In factories or research laboratories technologies that are often slightly different from these typical elements, such as the combined use of pressing and sintering processes, the treatment of porous briquettes with fused metals, additional mechanical and other processing of sintered powder are often found. Despite this, the main principle using of powder production batch and sintering below the melting temperature of the main element forming pressed body - remains unchanged.

The distinctive advantages of powder metallurgy are as follows:

- the ability to manufacture materials containing metallic components, as well as non-metallic ones.

- the possibility of obtaining porous materials with controlled porosity, which is impossible to achieve by fusion and casting.

Composite materials are materials from several (or more) dissimilar substances (phases) in one volume. Materials are homogeneous on a large scale, but on a micro scale they are heterogeneous. Composite materials today include a relatively small group of materials - polymers, metals, ceramics and carbon reinforced with fibers, as well as filled polymers, dispersion-strengthened alloys and pseudo-alloys. Most composite materials differ from traditional ones in that their production can be combined with the manufacturing process of the product [1].

Composites, as a rule, are a base (matrix) of one material, which is hardened by fillers of fibers, layers, dispersed particles of another material. At the same time, the strength properties of both components can be combined. By selecting the composition and properties of the filler and matrix, their ratio, the orientation of the filler, it is possible to obtain a material with the required harmony of operational and technological properties.

Powder metallurgy along with other high-tech and energy-efficient industries, is one of the main directions of development of the current, efficient production of technologically developed countries of the international environment. The essence of powder metallurgy technologies is one of the oldest methods for processing ore raw materials into a product - the method for forging a powdered (spongy) mass of metal heated to 800–1000 ° C. A metal powder is the sum of particles of a metal, alloy or metal-like bond with sizes up to one millimeter, which are in a mutual connection and do not bind to each other.

The methods for powder metallurgy in the generally recognized version are divided into: Physicochemical methods involving the correlation of powder production procedures with the deep physicochemical transformations of the original material. Ultimately, in terms of chemical composition and structure, the resulting powder differs significantly from the starting material.

- Mechanical methods, involving the conversion of the starting material into powder without a significant change in its chemical composition. In most cases,

grinding of solid materials and dispersion of melts in mills of various designs are used.

The main processes for manufacturing products using powder metallurgy include a number of the following successively implemented steps:

- powder production;
- preliminary preparation of the powder mixture (mixture);
- molding;
- sintering;
- calibration and additional operations.

The method for furnace synthesis of metal-like compounds does not allow meeting modern requirements of applied materials science in terms of purity of the obtained product and productivity. Therefore, other methods for the production of such powders are actively developing, among which synthesis in a low-temperature plasma, shock-wave compression, and self-propagating high-temperature synthesis (SHS), which are currently of the greatest importance, can be noted.

1.2. Technological processes for the production of powder materials

The first of the main technological operations characteristic of powder metallurgy is the production of metal powder. The composition, structure and other properties of the powders depend on the method for producing powder materials, as well as on the nature of the corresponding metal.

Powders depending on the required dispersion and volume are obtained in various ways:

1. Mechanical grinding;
2. Spraying the melts with compressed air;
3. Recovery of ore or scale;
4. Electrolytic deposition;
5. Explosion of a conductor with current.

Economically, the restoration of ore or scale and dispersion of melts with compressed air are considered as effective methods. Powders from conductive

materials can be obtained using the explosion of conductors, but in case with few powders, the probability of powders separation during mechanical grinding must be taken into account. Some powders in industry are obtained using thermal dissociation of volatile compounds, carburization, precipitation, and other special methods.

The manufacturing process of the product begins with the preparation of powder mixture containing several different powder components. The powders are weighed and mixed in rotating drums, various types of mills, mixers or other mechanical devices. The result of mixing is a powder mixture with uniformly distributed particles of various types. Then, the resulting mixture is molded, as a result of which a powder molding, i.e. a body with a given shape, size and density, is formed. The initial volume of bulk powder decreases and the powder consolidates. The powder is compacted by pressing in a metal mold under the influence of pressure, and as a result, a solid compact, which is close in shape and size to the finished product, is obtained. Due to the complexity of the phenomena accompanying the compaction of the powder, it is very difficult to predict or accurately describe the result of pressing. Since different powders are pressed differently and even with a slight change in the composition or change of powder brand, the result of pressing may change, so the pressing load must be selected individually for each powder mixture. Some powder mixtures are not pressed even under heavy loads and, as a result, products obtained after pressing can crumble or crack. Mostly cold pressing is used, but it does not provide the desired mechanical strength of the work pieces, which be destroyed under small loads. To prevent this, before carrying out the cold pressing process, plasticizers or other additives are added to the powder mixture, thus improving the bonding of adjacent powder particles, while occupying a small volume and not affecting the final properties of the obtained products.

After pressing, the powder billets are sintered to achieve the required mechanical properties, as well as to impart the necessary physical and chemical characteristics. Sintering is one of the most important technological processes of powder metallurgy; it decisively determines the final properties of the obtained materials and products. It is a complex of a large number of physicochemical

phenomena occurring simultaneously or sequentially when heating the moldings or free bulk powder. Some of these phenomena are associated with the usual effects of elevated temperatures on any polycrystalline body, while others are specific for porous powder bodies. The practical purpose of sintering is to achieve a certain level of the required properties that are formed during the heating of the initial powder body.

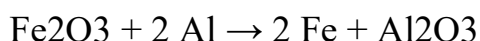
In the process of heating to high temperatures, two main varieties of the sintering process are possible: solid phase, i.e. without the formation of a liquid phase and liquid phase, in which the low-melting components of the powder mixture are melted.

After the sintering process, the product is subjected to additional processing (fine-tuning, calibration, heat treatment).

1.2.1. Aluminothermy

Aluminothermy began with the experiments of the Russian scientist Nikolai Beketov at Kharkov University in Ukraine, which proved that aluminum reduces metals from their oxides at high temperatures. The reaction was first used for carbon-free reduction of metal oxides. The reaction is highly exothermic, but has high activation energy, since strong inter atomic bonds in a solid must be broken first. The oxide was heated with aluminum in a crucible in a furnace. The escape reaction allowed obtaining only small amounts of material. Hans Goldschmidt improved the aluminothermic process between 1893 and 1898 by igniting a mixture of fine metal oxide and aluminum powder by the reaction of a starter without heating the mixture from the outside. The process was patented in 1898 and was widely used in subsequent years for welding rail tracks.

Aluminothermic reactions are exothermic chemical reactions using aluminum as a reducing agent at high temperature. The process is industrially useful for the production of iron alloys. The most striking example is the termite reaction between iron oxides and aluminum with the formation of iron itself:



This particular reaction, however, is not related to the most important application of aluminothermic reactions, the production of ferroalloys. Instead of a carbothermic reaction, a cheaper reducing agent, coke, is used to produce iron.

1.2.2 Self-propagating high temperature synthesis (SHS)

Self-propagating high temperature synthesis (SHS) is a method for producing inorganic and organic compounds by exothermic combustion reactions in solids of various nature. Reactions can occur between a solid reactant associated with a gas, liquid, or solid. If the reagents, intermediates and products are solids, this is called a solid flame. If a reaction occurs between a solid reactant and a gas phase reactant it is called infiltration combustion. Since the process takes place at high temperatures, this method is ideal for the production of refractory materials including powders, metal alloys or ceramics.

Many years of experience in the development of methods for self-propagating high-temperature synthesis (SHS) of various materials] allow SHS processes to remain competitive among numerous analogues. The advantages of SHS involve its fundamental processes and controlled chemical reaction occurring within a narrow high-temperature zone propagating in the selected initial powder system.

A promising way to obtain metal-ceramic composites is a self-propagating high temperature synthesis (SHS). SHS processes were created on the basis of scientific discovery of gasless combustion phenomena made in 1967. This method allows obtaining powders of refractory compounds, creating composites from refractory particles in a metal matrix, as well as getting ready product from powder materials. In the process of self-propagating high-temperature synthesis, chemically active high temperatures of substances as reagents, as well as inert substances as fillers or diluents can be involved. In the process powdered particles (using a mold), ultrafine powders of bulk density, powder-gas systems, and also reagents in the form of thin films, liquids can be involved. In addition to the main components, it is possible to add inert substances with certain objectives, for example to prevent thermal explosion, or to improve properties of the main material . One of the main

requirements for the structure of the original system is to provide conditions for effective interaction of reagents. Based on these requirements, it follows that the interaction of reagents requires provide a large contact area of synthesized particles.

The advantage of this process is its simplicity, while high speeds of the process allow saving energy and materials. CH synthesis can be carried out under various conditions: air, vacuum, inert or reactive gas. Using different process parameters, it is possible to obtain material, which the same or in some characteristics better than the material obtained by other traditional methods.

CH synthesis is a strong exothermic course reaction (charge combustion reaction), in which heat is localized in the layer and is transferred from layer to layer using heat transfer. CH synthesis the process of moving a chemical reaction wave throughout the volume of mixture reagents, during the course of which solid final products are formed. There is some kind of activation of the CH synthesis reaction, the main of which is the local activation of the reaction to the surface of the system by applying a heat pulse. Various heat sources can act as a heat pulse, such as: heated electric spiral, laser beam, plasma beam, electro spark discharge, etc., forming the initial combustion front of the wave. In case of CH synthesis of mixtures with a high content of inert substances, as well as in case of a weakly exothermic reaction, there is a need for pre-heating the mixture.

Carrying out the SHS process is possible in three ways: gas-free combustion, filtration combustion and hybrid combustion. Gasless burning is implemented in “solid-solid” systems, filtration one - in "metal - gas-system type, the hybrid system combines the previous two mechanisms. During filtration combustion, filtration can be divided according to the method of gas supply into spontaneous and forced, according to the direction of the combustion front relative to the filter flow- into the associated or oncoming .

Despite all the advantages of the CH synthesis method, there are problems associated with managing the structure formation process of composite and matrix properties.

During the CH synthesis, it is necessary to vary a number of parameters to control the phase composition and the final product properties:

- Degree of compaction of combustion products, which is determined by dispersion and pressure during pressing, which affects the contact area of the original products;
- The initial combustion temperature, at which initiation of combustion product occurs;
- The reaction mixture volume;
- The mixture composition;
- Environment of the course of CH synthesis, which directly influences the phase composition of the final products; for example, upon initiation of CH synthesis in air, the formation of the product oxide phase is observed.

Therefore, with the correct selection of CH synthesis parameters, it is possible to obtain the material not inferior in characteristics, but superior to the material obtained by traditional methods.

Currently, various nanomaterials and powders containing nano-sized crystallites, ceramic and cermet foams, super hard materials are successfully synthesized using SHS methods, composite materials such as polymer-ceramic and others are being created.

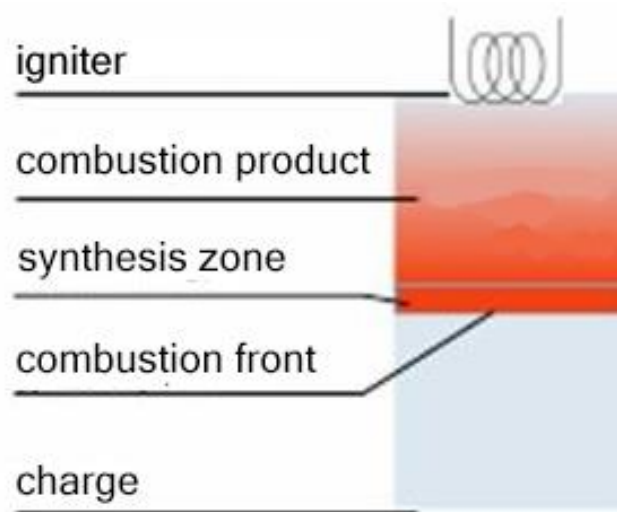


Figure 1 - Scheme of the SHS process

A purposeful search for new SHS systems, studying the mechanism and laws of their combustion, and the conditions for the synthesis of carbon and metal-carbon nanomaterials make up the prospect of developing the SHS method and new effective technological processes.

Self-propagating high-temperature synthesis is an environmentally friendly synthesis method that is highly energy-efficient and uses few toxic solvents. An environmental analysis was performed to show that SHS has less environmental impact than traditional processing methods in the solution phase. This method uses less energy to produce materials, and energy savings increase with increasing batch sizes of synthesis.

SHS is not suitable for the production of nanoparticles. As a rule, the high-temperature nature of the process leads to sintering of particles during and after the reaction. The high temperatures arising during the synthesis also lead to problems with energy dissipation and suitable reaction vessels, however, some systems use this excess heat to control other processes in the installation.

The combination of the SHS process and high-temperature synthesis makes it possible to obtain materials and products based on refractory compounds.

Using the method for self-propagating high-temperature synthesis, various granules of composites, as well as various granules of composites with magnetic properties are obtained.

1.4. Properties of powders of the “Fe₂O₃ + Al and Fe₂O₃ + Al + Ti” system and their application

For several decades, the problem of providing radiation-resistant materials has been relevant. Such materials are especially necessary to ensure long-term operation of measuring devices and designs. An analogue of radiation-resistant material can be obtained using powder materials based on Fe₂O₃ + Al got by SHS synthesis.

Also, high-quality products are obtained using the aluminothermy method, and this method is much cheaper compared to their counterparts. These products are filter neutralizers.

Materials with the addition of titanium have many unique properties that allow them to be used in a wide range of applications in various industries.

Titanium-aluminum composites are widely used in the creation of materials with high strength, heat resistance and corrosion resistance, melting point, etc.

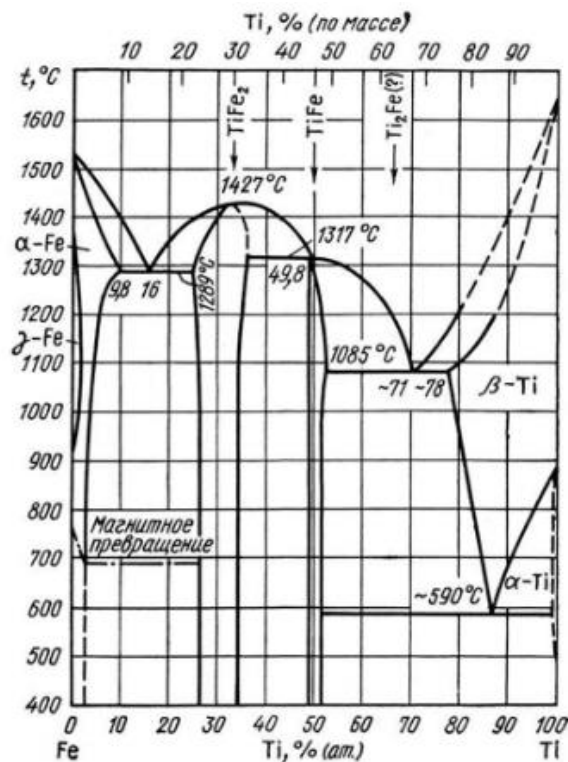


Figure 3 - The state diagram of iron-titanium (Fe-Ti)

In the Ti-Al system, the Ti_3Al compound is of interest. The Ti_3Al compound has a melting point of $1118^\circ C$; the state diagram is shown in Figure 4

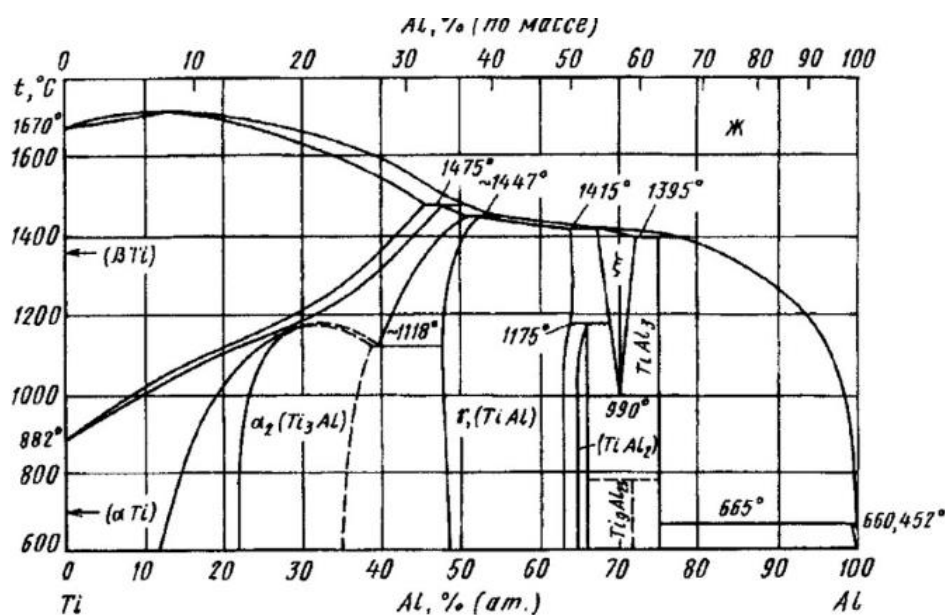


Figure 4 - Status diagram titanium-aluminum Ti-Al)

Titanium-aluminum composites are widely used in the creation of materials with high strength, heat resistance and corrosion resistance, melting point, etc.

Aluminothermy is useful as it improves the quality of the derivative powder, improves the protection of the air environment from pollution, ensures explosion safety and increases the productivity of the process.